1/83
33. Jahrgang
Januar 1983
S. 1–36
Verlagspostamt Berlin
Heftpreis 3,– M



VEB VERLAG FÜR BAUWESEN BERLIN

ISSN 0043–0986

Wasserwirtschaft · Wassertechnik

wwt



Informationen

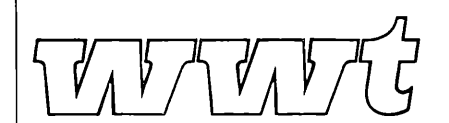
Der Schutz der Gewässer gegen Verschmutzung durch Abwässer aus der Tierproduktion in europäischen Ländern (UdSSR)

Im September 1981 fand in Genf ein Seminar zu oben genannter Thematik statt. Als Organisator fungierte die Europäische Wirtschaftskommission der UNO (ECE).
Die Verschmutzung der Gewässer durch Abprodukte der Tierproduktion wird gegenwärtig von den meisten Spezialisten als Problem anerkannt. Die Verhinderung der Umweltverschmutzung und alle damit zusammenhängenden Fragen haben sich in den juristischen und ökonomischen Bereich verlagert. Die gesetzgeberischen, administrativen und ökonomischen Akte zur Verhinderung der Gewässerverschmutzung durch Abprodukte der Tierproduktion sind in den einzelnen Ländern unterschiedlich.

In der **ČSSR** wird der Schutz der Gewässer gegen Verschmutzung – einschließlich der Verschmutzung durch Abwässer aus der Tierproduktion – durch das „Gesetz über die Gewässer" geregelt, das im Jahre 1975 angenommen wurde. Eine der wichtigsten Maßnahmen zum Schutz der Wasserquellen für die Bereitstellung von Trinkwasser und von Wasser für technische Zwecke ist die Schaffung von Schutzstreifen, wobei drei Stufen unterschieden werden.
Für den Einfluß von Abwässern aus der Tierproduktion auf die Qualität des Grund- und Oberflächenwassers sind maximal zulässige Konzentrationswerte für die verschiedenen Beimischungen festgelegt worden. Organisationen, die jährlich mehr als 15 000 m³ Oberflächen- oder Grundwasser verbrauchen oder mit den Abwässern mehr als 5 t BSB in die Gewässer einleiten, sind verpflichtet, dafür Steuern zu entrichten. Bei einer Verschmutzung der Gewässer durch Abprodukte der Tierproduktion werden die schuldigen Organisationen mit einer Strafe bis zu 1 Mill. Kčs belegt.
In **Finnland** besteht das „Gesetz zum Schutz der Wasserressourcen" seit 1962, das auch die Rolle der Tierfarmen regelt. Auf seiner Grundlage sind spätestens drei Monate vor Baubeginn einer Tierproduktionsanlage Nachweise über die Ausmaße der Anlage und das dazugehörige Auffang- und Sammelbecken, über die notwendigen Flächen zur Verwertung der anfallenden Abprodukte usw. vorzulegen.
Die Aufnahmekapazitäten von Auffang- und Sammelbecken sind festgelegt.
In **Norwegen** wurden zum Schutz der Wasserressourcen gegen Verschmutzung durch Abwässer aus der Tierproduktion das „Gesetz über die Wasserverschmutzung" (1970) sowie Direktiven des Ministeriums für Umweltschutz (1973, 1977 und 1980) beschlossen. Dabei wurden folgende Beschränkungen eingeführt:

— Es ist verboten, jede Art von Dung auf gefrorenen oder mit Schnee bedeckten Boden auszubringen und Abwässer aus der Tierproduktion sowie Silagesickersäfte in irgendwelche Gewässer einzuleiten.
— Die Errichtung von Tierproduktionsanlagen wird nur dann genehmigt, wenn für diese Land zur Verfügung steht, auf dem die Abwässer verwertet werden können.
— Wenn Anlagen errichtet werden sollen, die mehr als 500 Schweineplätze, mehr als 2 000 Legehennenplätze oder mehr als 35 000 Broilerplätze haben, muß dafür eine spezielle Genehmigung der Regierung eingeholt werden.

In den **Niederlanden** ist ein System zum Verkauf von Dung an die Landwirte über die sogenannte „Mistbank" geschaffen worden, die sich in Gebieten mit stark entwickelter Tierproduktion befindet. Das System des Dungabsatzes wird durch bestimmte Bedingungen geregelt. So müssen die Abprodukte beispielsweise konzentriert, die Transportentfernungen dürfen nicht zu groß sein, und der Dung muß in vorschriftsmäßigen Lager- und Sammelbehältern aufbewahrt werden.
Für das Funktionieren des Systems mit maximaler Effektivität sind für die Landwirte Stützungen aus einem landwirtschaftlichen Spezialfonds vorgesehen.
In der **VR Polen** müssen bereits im Stadium der Projektierung landwirtschaftliche Nutzflächen zur Aufnahme der Abwässer aus der Tierproduktion in folgenden Mindestgrößen nachgewiesen werden:
1 ha Fläche reicht für die Aufnahme von 3000 kg Rinderdung oder 2250 kg Schweinedung oder 1250 kg Geflügelmist aus. Die Abwässer müssen portionsweise (jeweils 50 m³/ha) auf leichte, nicht übermäßig feuchte Böden eingebracht werden. Der Grundwasserspiegel muß dabei auf Wiesen und Weiden mindestens 1 m und auf Ackerflächen mindestens 1,2 m tief liegen. Die Mindestentfernung zwischen den mit Gülle bewässerten Flächen und den Grenzen der Trinkwasserschutzzonen sowie vorhandenen Wirtschafts- und Wohngebäuden muß beim Einsatz von Beregnungsanlagen 300 m, bei der Bewässerung aus Zisternen und Fässern 100 m und bei Unterflurbewässerung 50 m betragen. Die Mindestentfernung zwischen Gülle-Bewässerungsflächen und Eisenbahnlinien oder Autostraßen muß 30 m betragen.
In **Frankreich** (Bretagne) darf die durchschnittliche Viehbesatzdichte je Hektar 1,5 Rinder, 2,6 Schweine und eine entsprechende Anzahl von Geflügel nicht übersteigen. Dort wird nachdrücklich darauf orientiert, den Düngeraufwand spürbar zu reduzieren.
Von den Teilnehmern des Seminars wurden entsprechende Empfehlungen an die europäischen Regierungen angenommen, die darauf abzielen, die Wasserressourcen gegen jegliche Verschmutzung zu schützen und die Abprodukte aus der Tierproduktion einer rationellen Verwertung in der Pflanzenproduktion zuzuführen. WWT



Zum Titel

Die 55 im Bereich Umweltschutz und Wasserwirtschaft auf der XXV. ZMMM ausgestellten Exponate demonstrierten den abrechenbaren Beitrag der Jugendlichen der Betriebe und Einrichtungen der Wasserwirtschaft zur Verwirklichung der Beschlüsse des X. Parteitages der SED und des IX. Parlaments der FDJ. Sie enthalten die besten Lösungen der auf den Betriebs-MMM ausgestellten 429 Exponate. Angeregt durch die 3. und 4. Tagung des ZK der SED wurden beispielhafte wissenschaftlich-technische Leistungen zur Realisierung der ökonomischen Strategie der Partei für die 80er Jahre, Ergebnis der vielseitigen Neuerertätigkeit von Jugendlichen und Lehrlingen, aber auch von Schülern dargestellt. Der gesellschaftliche Nutzen daraus beträgt u. a. 2,7 Mill. Mark, erzielt durch Senkung der betrieblichen Kosten, 25,5 Mill. Mark durch Fondsrückgabe an Investitionen und 77 900 Mark/a durch Arbeitszeiteinsparung.

Die in der Mehrzahl bereits nachbenutzbaren Exponate entstanden vorwiegend auf der Grundlage des Planes Wissenschaft und Technik in Jugendbrigaden und Jugendobjekten.

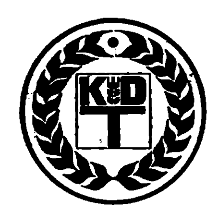
Alle Exponate stellen Leistungen zur Meisterung und ökonomischen Verwertung wissenschaftlich-technischer Ergebnisse dar, besonders für den Einsatz der Mikroelektronik. Das im Rahmen des Jugendobjekts „Mikroelektronik" des VEB WAB Magdeburg von Jugendlichen dieses Betriebes und Studenten der TH „Otto von Guericke" Magdeburg ausgestellte Exponat „Mikrorechnergestützte Prozeßführung des Wasserwerkes Colbitz" demonstriert das sehr anschaulich.

Die auf der XXV. ZMMM ausgestellten Exponate veranschaulichten in der Breite und Spitze, daß die schöpferische Tätigkeit der Jugendlichen in den Betrieben und Einrichtungen der Wasserwirtschaft darauf gerichtet ist, alle Reserven zu erschließen, Aufwand und Ergebnis zu verbessern, damit die Qualität und Effektivität der gesellschaftlichen Arbeit weiter steigt und die Arbeitsproduktivität für den Leistungsanstieg unserer Volkswirtschaft erhöht wird.

Die XXV. ZMMM veranschaulichte die erfolgreiche Entwicklung der Bewegung im zurückliegenden Vierteljahrhundert in der DDR, aber auch in der Wasserwirtschaft. Sie ist ein Höhepunkt bei der Vorbereitung des Arbeiterjugendkongresses im April 1983 und des Nationalen Jugendfestivals zu Pfingsten 1984 im 35. Jahr der DDR.

L.

Ausgezeichnet mit der Ehrenplakette der KDT in Silber



Wasserwirtschaft · Wassertechnik

WWT

„Wasserwirtschaft-Wassertechnik"
Wissenschaftliche Zeitschrift für Technik und Ökonomik der Wasserwirtschaft

33. Jahrgang

Heft 1

Berlin, Januar 1983

Herausgeber:
Ministerium für Umweltschutz
und Wasserwirtschaft und
Kammer der Technik (FV Wasser)

Verlag:
VEB Verlag für Bauwesen
1086 Berlin, Französische Straße 13/14

Verlagsdirektor:
Dipl.-Ök. Siegfried Seeliger

Redaktion:
Agr.-Ing. Journ. Helga Hammer
Verantwortliche Redakteurin
Carolyn Sauer,
redakt. Mitarbeiterin

Sitz der Redaktion:
1086 Berlin, Hausvogteiplatz 12
Fernsprecher: 2 08 05 80 und 2 07 64 42

Telegrammadresse:
Bauwesenverlag Berlin
Telexanschluß: 112229 Trave

Lizenz-Nr. 1138
Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik

Satz und Druck: (204) Druckkombinat Berlin,
1086 Berlin, Reinhold-Huhn-Straße 18–25

Gestaltung: Rita Bertko

Artikelnummer 29 932

Die Zeitschrift erscheint monatlich
zum Preis von 3,– M (DDR)
Printed in G.D.R.

INHALT

Bericht über die Konferenz junger Neuerer der Wasserwirtschaft 3

25 Jahre Messe der Meister von morgen .... 4— 6

Wissenschaft und Technik – Herausforderung für die junge Generation – Diskussionsbeiträge .... 7— 8

SINJOW, O. P.; HETTLER, V.: Tiefstrombelüftung – ein neues Verfahren zur Optimierung der biologischen Abwasserbehandlung nach dem Belebtschlammverfahren .... 9—12

FÜGNER, D.: Ergebnisse von Schwebstoffmessungen in der Wasserwirtschaftsdirektion Obere Elbe–Neiße .... 12—15

LUCKNER, L.; VICTOR, N.: Nutzung von Uferfiltrat und künstlichem Infiltrat als Wärmequellen für elektrisch angetriebene Kompressionswärmepumpen ...... 16—21

LOEPER, J.; BEIMS, U.: EDV-gestützte Berechnung Grundwasserabsenkungsanlagen mit dem Programmpaket GRUNDWASSERABSENKUNG – Teil 1 .... 21—24

BOSOLD, H.; RICHTER, A.: Das Rückstauverhalten von Entwässerungsnetzen .. 25—27

KATZUR, J.; MROSKO, A.: Einfluß der Sickerwassermenge auf die Höhe des N-Austrages aus einer Sand-Rosterde .... 28—31

KLEINSTÄUBER, G.: Erfahrungen beim Aufbau von Unterdrucklysimetern mit Diaphragmenfilterkerzen .... 31—34

WWT – Informationen 15, 24

WWT – Bücher 27

СОДЕРЖАНИЕ

WWT 1 (1983)

Отчёт о конференции молодых новаторов водного хозяйства 3

25 летие Слёта мастеров будущего .... 4—6

Sinjow, O. P.; Hettler, V.: Глубокая аэрация — новый метод оптимизации биологической обработки сточных вод с использованием активного ила 9—12

Fügner, D.: Результаты измерений взвешенных частиц в районе водного хозяйства Obere Elbe—Neiße .... 12—15

Luckner, L.; Victor, N.: Использование прибрежной фильтрации и искусственной фильтрации в качестве источников тепла для электрических тепловых насосов .... 16—21

Loeper, J.; Beims, U.: Расчёт установок понижения уровня грунтовых вод на ЭВМ с помощью специальных программ. Часть 1 .... 21—24

Bosold, H.; Richter, A.: Режим подпора в канализационных сетях .... 25—27

Katzur, J.; Mrosko, A.: Влияние количества фильтрационной воды на величину удаления N из песчаного грунта .... 28—31

Kleinstäuber, G.: Опыт конструирования вакуумных лизиметров с диафрагменными фильтрационными свечами .. 31—34

CONTENTS

WWT 1 (1983)

Report on Conference of Young Innovators of Water Management in GDR 3

25 Years of Young Innovator's Exhibition 4–6

Sinjow, O. P., and Hettler, V.: Deep-Current-Aeration — New Method in Order to Optimize the Biological Sewage Treatment by Activated Sludge Process 9–12

Fügner, D.: Results Made by Suspended Metter Measures in the Water Management Direction of "Obere Elbe—Neiße" 12–15

Luckner, L., and Victor, N.: Exploitation of Bank Infiltration as Heat Effect for Electric Compression Heat Pumps 16–21

Loeper, J., and Beims, U.: Mathematic Calculations of Lowering Ground Water Level by Computing Machinery — Part 1 21–24

Bosold, H., and Richter, A.: Behavior of Backwater of Sewage (Drainage Piping) 25–27

Katzur, J., and Mrosko, A.: Influence of Quantity of Seepage on the Scour of Nitrogen out of a Sand-Rust-Soil 28–31

Kleinstäuber, G.: Experiences Made by Construction of Negative Head Lysimeters with Diaphragmen Filter Candles 31–34

WWT-Informations 15, 24

WWT-Books 27

CONTENU

WWT 1 (1983)

Rapport sur la conférence de jeunes novateurs de l'économie des eaux 3

25 ans de la foire des jeunes novateurs 4–6

Sinjow, O. P.; Hettler, V.: Aération profonde — une méthode nouvelle pour l'optimisation de l'épuration biologique des eaux usées selon la méthode de boue activée 9–12

Fügner, D.: Résultats de mesurages de matériaux en suspension à la direction de l'économie des eaux Haute Elbe—Neiße 12–15

Luckner, L.; Victor, N.: Utilisation de filtrat de rive et d'infiltrat artificiel en qualité de sources calorifiques pour thermopompes de compression à commande électrique .. 16–21

Loeper, J.; Beims, U.: Calcul (sur la base du traitement électronique des données) d'installations pour le rabaissement de la nappe aquifère avec le paquet de programme « Rabaissement de la nappe aquifère », — partie 1 21–24

Bosold, H.; Richter, A.: Le comportement de la retenue de réseaux d'égouts 25–27

Katzur, J.; Mrosko, A.: Influence de la quantité de l'eau de infiltration sur la quantité de la sortie de N d'une couche de sable 28–31

Kleinstäuber, G.: Expériences concernant la construction de lysimètres à vide avec bougies filtrantes de diaphragmen 31–34

Bezugsbedingungen: „Wasserwirtschaft — Wassertechnik" (WWT) erscheint monatlich. Der Heftpreis beträgt 3,– M; Bezugspreis vierteljährlich 9,– M. Die Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes Buchexport zu entnehmen.

Bestellungen nehmen entgegen

für Bezieher in der Deutschen Demokratischen Republik:
Sämtliche Postämter, der örtliche Buchhandel und der VEB Verlag für Bauwesen, Berlin

für Buchhandlungen im Ausland:
Buchexport, Volkseigener Außenhandelsbetrieb der DDR — DDR - 7010 Leipzig, Leninstraße 16

für Endbezieher im Ausland:
Internationale Buchhandlungen in den jeweiligen Ländern bzw. Zentralantiquariat der DDR, DDR - 7010 Leipzig, Talstraße 29.

Alleinige Anzeigenverwaltung: VEB Verlag Technik, 1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14, PSF 293, Fernruf 2 87 00
Es gilt die Anzeigenpreisliste lt. Preiskatalog Nr. 286/1.
Erfüllungsort und Gerichtsstand: Berlin-Mitte



Bericht

Im Rahmen der XXV. Zentralen Messe der Meister von morgen fand am 12. November 1982 in Leipzig die

Konferenz junger Neuerer der Wasserwirtschaft

statt. Etwa 200 jugendliche Knobler, Neuerer und Aktivisten, Angehörige von Jugendbrigaden und Leiter der Wasserwirtschaft waren hier zusammengekommen, vornehmlich um Erfahrungen auszutauschen und sich mit neuesten wissenschaftlich-technischen Erkenntnissen vertraut zu machen.

Diese XXV. MMM war eine Messe mit besonderem Gepräge. Das kam auch auf der Jugendneuererkonferenz der Wasserwirtschaft zum Ausdruck. Immer mehr jugendliche Neuerer und Rationalisatoren der Wasserwirtschaft haben sich in den vergangenen 25 Jahren des Bestehens der ZMMM mit großem persönlichem Engagement an der MMM-Bewegung beteiligt — mit erheblichem Erfolg.

1 685 der exponierten Leistungen sind realisierte Aufgaben aus den Plänen Wissenschaft und Technik. 946 Exponate waren auf den wissenschaftlichen Vorlauf ausgerichtet, 102 befaßten sich mit der Robotertechnik und 369 mit der Mikroelektronik — also mit volkswirtschaftlichen Schwerpunkten, auf die die MMM-Bewegung nachdrücklich orientierte.

Auch die Wasserwirtschaft hat hieran einen bedeutenden Anteil, wie der Stellvertreter des Vorsitzenden des Ministerrates und Minister für Umweltschutz und Wasserwirtschaft, *Dr. Hans Reichelt*, u. a. ausführte. Er begrüßte die jungen Wasserwirtschaftler auf dieser Konferenz und zog zunächst Bilanz über das bisher in der MMM-Bewegung Erreichte. In den Jahren 1981 und 1982 haben Jugendkollektive und Jugendbrigaden der Wasserwirtschaft 429 Exponate angefertigt und ausgestellt, die meisten besitzen ein hohes wissenschaftlich-technisches Niveau und stellen Spitzenleistungen in der MMM-Bewegung dar. Dazu gehören z. B. die Exponate „Mikrorechnergestützte Prozeßführung im Wasserwerk Colbitz", eine wissenschaftlich-technische Lösung von Jugendlichen des VEB WAB Magdeburg und Studenten der TH „Otto von Guericke" Magdeburg, das Dosiergerät zur Desinfektion von Rohrleitungen aus dem VEB WAB Potsdam, die Saugvorrichtung zur Verstopfungsbeseitigung von Hausanschlußleitungen aus dem VEB WAB Frankfurt (Oder) sowie die „Rekonstruktion und Erweiterung des Wasserwerkes Dresden-Hosterwitz".

54 Exponate auf der XXV. ZMMM unseres Bereiches demonstrieren das erfolgreiche Bemühen der Jugend, den wissenschaftlich-technischen Fortschritt beschleunigen zu helfen und damit zur Verwirklichung der Beschlüsse des X. Parteitages der SED und des XI. Parlaments der FDJ beizutragen. Die Exponate der Wasserwirtschaft stellen einen gesellschaftlichen Nutzen von insgesamt 2,7 Mill. Mark dar. Sie führen, werden sie zügig eingeführt, zu erheblichen Einsparungen

— an Investitionen in Höhe von 25 Mill. M,
— an Arbeitszeit von 78 000 h/a,
— an Elektroenergie von 2 565 MWh/a,
— an Trinkwasser von 8 000 m³/a.

Der Minister legte u. a. dar, daß von den 54 Exponaten auf der Jubiläumsmesse 23 in die zentrale Produktion übergeleitet, 21 bzw. 7 Exponate zur Anwendung empfohlen bzw. weiterentwickelt würden. Bedeutsam sei, saß 74,4 Prozent aus den Plänen Wissenschaft und Technik abgeleitet seien und damit direkt ihrer Verwirklichung dienten. (Eine Auswahl von Exponaten stellen wir auf den S. 4—6 vor.)

Die jungen Neuerer aus dem VEB WAB Cottbus erbrachten einen hohen gesellschaftlichen Nutzen von 993 000 Mark, die im VEB WAB Gera einen von 808 000 Mark und die im VEB WAB Schwerin einen Nutzen von 737 000 Mark. Junge Neuerer in der WWD Saale—Werra erzielten Leistungen im Werte von 279 000 Mark.

Minister *Dr. Reichelt* dankte auf der Jugendneuererkonferenz u. a. für die erfolgreiche Lösung solcher Aufgaben, die er Jugendkollektiven auf der vorjährigen Konferenz übergeben hatte. Besonders mit den folgenden Exponaten wird ein beträchtlicher ökonomischer Nutzen erzielt: „Prozeßführung und wirtschaftliche Lastverteilung im Verbundsystem Mitte" aus dem VEB WAB Karl-Marx-Stadt (300 000 Mark/a), „Mikrorechnergestützte Steuer- und Schaltzentrale des Wasserwerkes Buckau" aus dem VEB WAB Magdeburg (110 000 Mark/a), „Verfahren und Rechenprogramme zur Hochwassersteuerung der Oberen Saale" aus dem Institut für Wasserwirtschaft (800 000 Mark/a) sowie eine „Innenisoliereinrichtung für Rohrschweißstellen" aus dem VEB WAB Dresden (50 bis 60 Mark je Rohrverbindung). Letztere Lösung wurde als Wirtschaftspatent angemeldet.

Der Minister übergab dann neue Aufgabenstellungen an Jugendkollektive für das Jahr 1983 (siehe Seite 6).

Alles in allem tragen die von den jugendlichen Neuerern und Rationalisatoren der Wasserwirtschaft vorgestellten Lösungen maßgeblich dazu bei, die 10 Schwerpunkte der ökonomischen Strategie zu verwirklichen und solche Aufgaben durchzusetzen, die sich aus dem neuen Wassergesetz vom 2. Juli 1982 ergeben. So wurden auf der XXV. ZMMM aus dem Bereich der Wasserwirtschaft vor allem Exponate gezeigt, die durch Einsatz von Mikroelektronik und Robotertechnik zu weiteren Automatisierung und Rationalisierung wasserwirtschaftlicher Anlagen und zur rationellen Wasserverwendung beitragen.

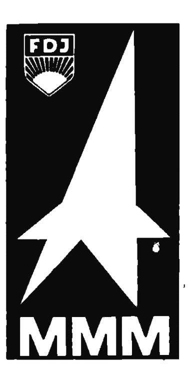
Auf der VIII. Leistungsschau der Studenten und jungen Wissenschaftler wurde vom Aspiranten am Ukrainischen Institut für Ingenieure der Wasserwirtschaft in Rowno, Gen. *Hettler*, das Exponat „Schachtbelüftung" vorgestellt, das eine wissenschaftlich-technische Spitzenleistung darstellt (siehe auch seinen Beitrag auf den Seiten 9—12 dieses Heftes).

Im Verlauf der Konferenz rief der Minister die FDJ-Leitungen in den wasserwirtschaftlichen Betrieben und Einrichtungen auf, sich verstärkt dafür einzusetzen, daß die staatlichen Leiter noch mehr als bisher Aufgaben aus den Plänen Wissenschaft und Technik an die Jugend übertragen; denn die bisherigen Ergebnisse in der MMM-Bewegung hätten gezeigt, daß die Leistungsbereitschaft der Jugend, einen eigenständigen Beitrag zum wissenschaftlich-technischen Fortschritt zu leisten, groß ist und daß ihr zunehmend Vertrauen entgegengebracht werden sollte. Die weitere Entwicklung der MMM-Bewegung sei vor allem durch die Unterstützung des „Friedensaufgebotes der FDJ" zu sichern. Das gelte vor allem für die Förderung der ökonomischen Initiativen. Der Minister nannte die folgenden Schwerpunkte für das Betätigungsfeld der jungen Neuerer und Rationalisatoren in der MMM-Bewegung:

— Gewährleistung der Wasserbereitstellung durch sicheren Betrieb der wasserwirtschaftlichen Anlagen, durch planmäßige Instandhaltung, Rationalisierung und Erweiterung
— rationelle Wasserverwendung durch Erarbeitung und breite Anwendung von Themen mit effektiven Technologien, Normativen und Verfahren; rationelle Bewirtschaftung der Gewässer, Gewässerschutz
— Entwicklung und Anwendung von Hochleistungsverfahren und neuen Ausrüstungssystemen für höhere Qualität der Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, so daß mindestens 70 Prozent der Leistungssteigerung durch Intensivierung erreicht werden; Entwicklung neuartiger Aufbereitungs- und Ausrüstungssysteme zur Nutzung stark belasteter Rohwässer, die bisher nicht als Trink- oder Brauchwasser nutzbar waren
— Einsatz der Mikroelektronik und von Robotern zur Automatisierung der Wasserwerke und Kläranlagen bei gleichzeitig verstärkter Leistungsfähigkeit sowie zur Steuerung und Überwachung der Gewässer für höhere Verfügbarkeit von Wasserressourcen
— Entwicklung von baulichen Lösungen zur Senkung des Bauaufwandes um 15 Prozent
— Entwicklung neuer Lösungen zur Senkung des Verbrauchs an Energie um 2 Prozent/a, an Chemikalien, Reparaturmaterialien u. a.
— Entwicklung von Ausrüstungen und Verfahren zur weiteren Mechanisierung der Reparatur und Instandhaltung bei gleichzeitiger Einsparung von Arbeitskräften, höherer Arbeitsproduktivität und besseren Arbeits- und Lebensbedingungen u n d
— Rationalisierung der Verwaltungsarbeit.

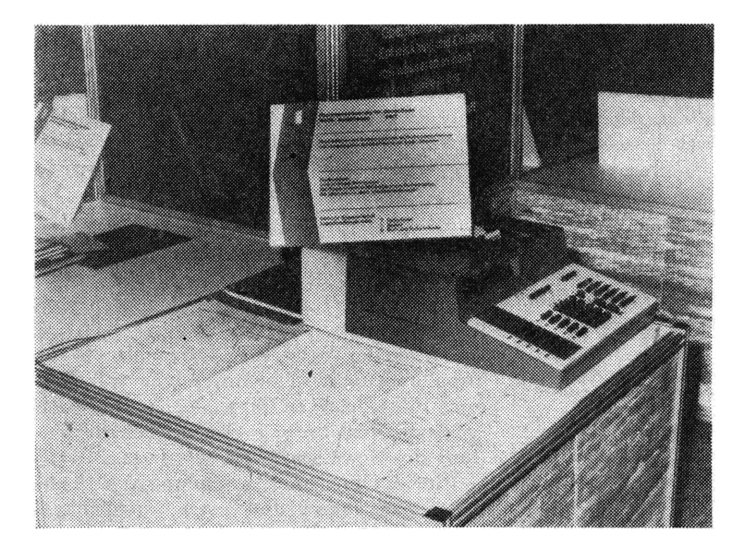
Abschließend stellte Minister *Dr. Reichelt* fest, daß die Jugendlichen der Wasserwirtschaft — unterstützt von den Parteiorganisationen, der FDJ, der KDT, der Gewerkschaft, den staatlichen Leitern — einen würdigen Beitrag zur Gestaltung der XXV. ZMMM, der Jubiläumsmesse, geleistet haben. Er dankte allen herzlich für das Vollbrachte.

WWT



25 Jahre Messe der Meister von morgen

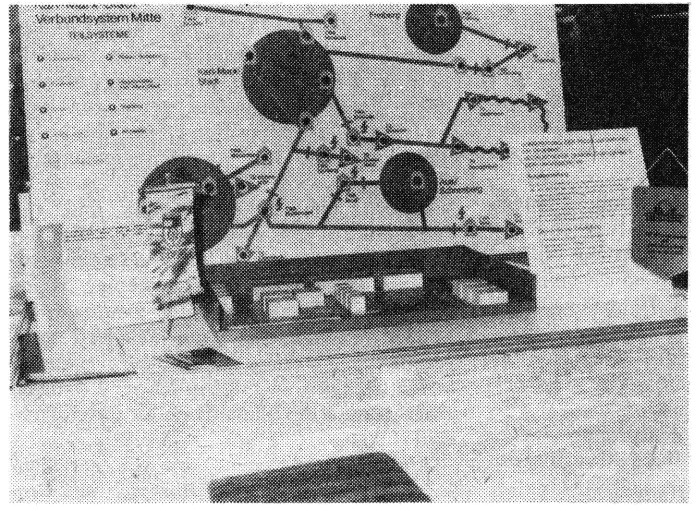
Von den insgesamt 55 Exponaten aus dem Gebiet Umweltschutz und Wasserwirtschaft, die auf der XXV. ZMMM gezeigt wurden, stellen wir nachstehend einige vor:



Hochwassersteuerung der Oberen Saale
(Institut für Wasserwirtschaft)

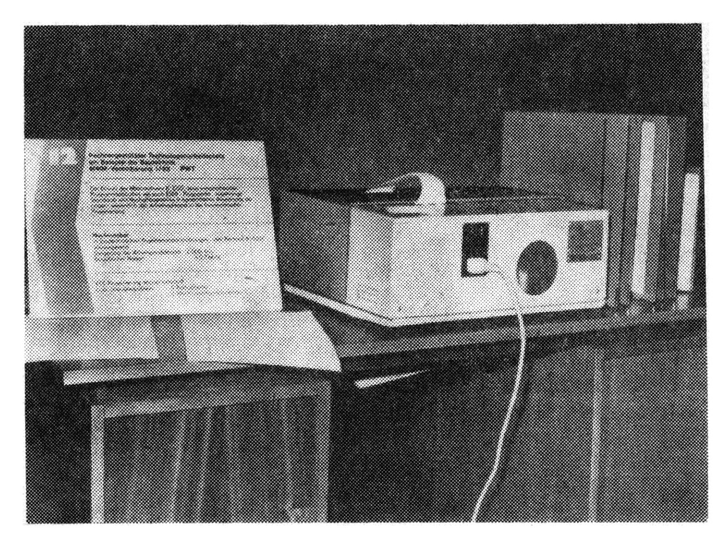
Gemeinsam mit dem Praxispartner Wasserwirtschaftsdirektion Saale-Werra, OFM Gera, wurden neue Verfahren und Rechenprogramme zur Hochwassersteuerung wie auch Hochwasservorhersage erarbeitet, u. a.
- ein neuer Steueralgorithmus bei indirekter Berücksichtigung von Schadenfunktionen und Vorhersagegenauigkeit
- ein Verfahren zur Fehlerkorrektur im Wasserlaufmodell („updating")
- ein autoregressives Niederschlags-Abflußmodell.

Der Nutzen liegt in der Schadenminderung bei Hochwasser durch verringerte Wasserstände sowie eine qualifizierte Warnung der Anlieger. Er schwankt in Abhängigkeit vom Hochwassertyp, der Jahreszeit u. a. zwischen OM/a und > 20 Mill. M/a.



Prozeßführung und wirtschaftliche Lastverteilung im Verbundsystem „Mitte", Karl-Marx-Stadt
(VEB WAB Karl-Marx-Stadt)

In sozialistischer Zusammenarbeit mit der Ungarischen VR wurde eine optimale Auswahl der Steuerkriterien der Meßwerte sowie der entsprechenden Gerätetechnik getroffen, wodurch unter Anwendung von EDV-Programmen zur rechnergestützten Entscheidungsfindung, Lastverteilung und Prozeßführung mit geringstem ökonomischem Aufwand eine höhere Stabilität der Versorgung der Bevölkerung und Industrie mit Trinkwasser gewährleistet wird.
Vorteile/Nutzen: Senkung des Energieaufwandes um 2100 MWh/a = 3,5 Mill. Mark, Arbeitszeiteinsparung: 2 500 h/a, Freisetzung von Arbeitskräften: 5 VBE, Rückgabe von Investitionsmitteln: 3,5 Mill. Mark (Einsparung von Behältervolumen von 2×5 000 m³).

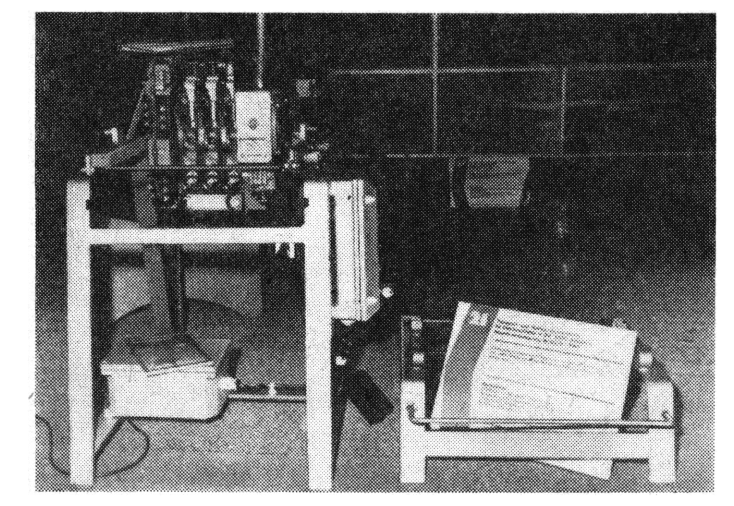


Rechnergestützter Technologenarbeitsplatz am Beispiel der Bautechnik
(VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle)

Der rechnergestützte Technologenarbeitsplatz ist mit dem Rechner K 1002, einer Programmbibliothek für K 1002 und ESER-Programme, entsprechenden Standards und Nachschlagewerken sowie einem Zeichengerät und Geräten zur EDV-Anlage ausgestattet.
Die konzentrierte Anordnung der einzelnen Geräte gewährleistet einen günstigen Zugriff und damit eine schnellere technologische Projektierung. Erzielt wird folgender Nutzen: Steigerung der Arbeitsproduktivität um 2 000 h/a und Platz.
Betrieblicher Nutzen: 4 000 Mark/a.

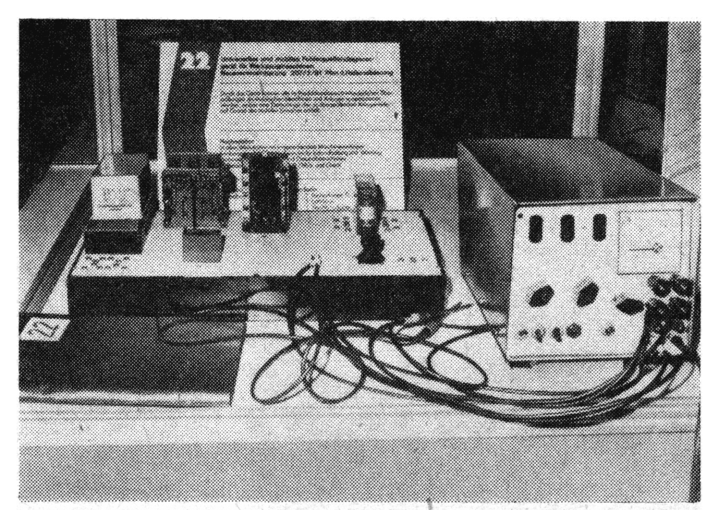
Transport- und Revisionsvorrichtung für Elektroschalter in ISA 2000-Anlagen
(VEB WAB Berlin)

Das Gerät wurde zur Minderung der Gefahren, die bei Wartungs- und Revisionsarbeiten an Elektroschaltern entstehen können, wie auch zur Rationalisierung des Instandhaltungsaufwandes erarbeitet. Der Vorteil besteht in der Verbesserung des Gesundheits- und Arbeitsschutzes, einer Einsparung an Arbeitszeit von 200 h/a.
Der betriebliche Nutzen beträgt 4 000 Mark/a.



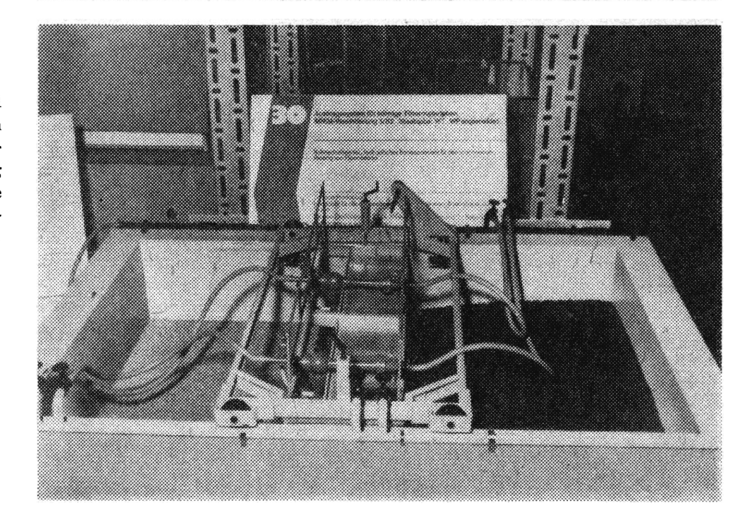
Universelles und mobiles Fehlerquellendiagnosegerät für Werkzeugmaschinen
(VEB Wasserbehandlungsanlagen Berlin)

Das vorliegende universelle und mobile Fehlerquellendiagnosegerät gestattet mit einfacher Handhabung die Kontrolle unter Belastung und sichert so wieder eine kurzfristige Inbetriebnahme der Produktionsanlagen. Die hierfür erforderlichen Meßfunktionen wurden zur einfachen Handhabung vereinigt und erweitert. Der Nutzen besteht in der Senkung des Arbeitszeitaufwandes für die Instandhaltung und Wartung, Verbesserung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. Der betriebliche Nutzen beträgt 1 900 Mark/a und Gerät.



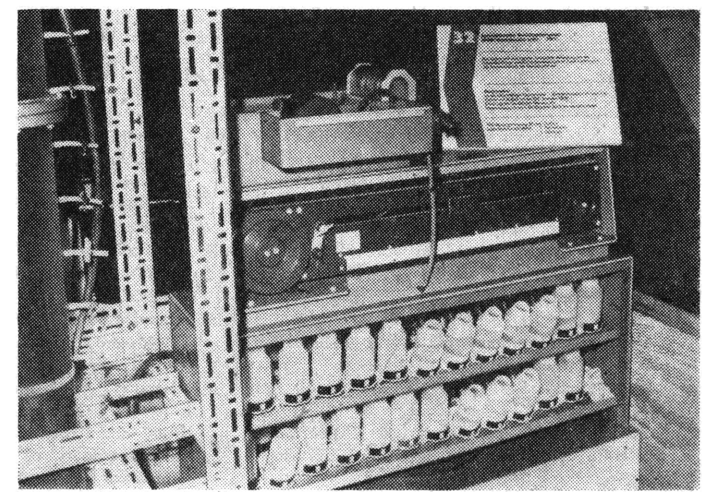
Austragssystem für körnige Filtermaterialien — Filtersandregeneriergerät —
(Forschungszentrum Wassertechnik Dresden)

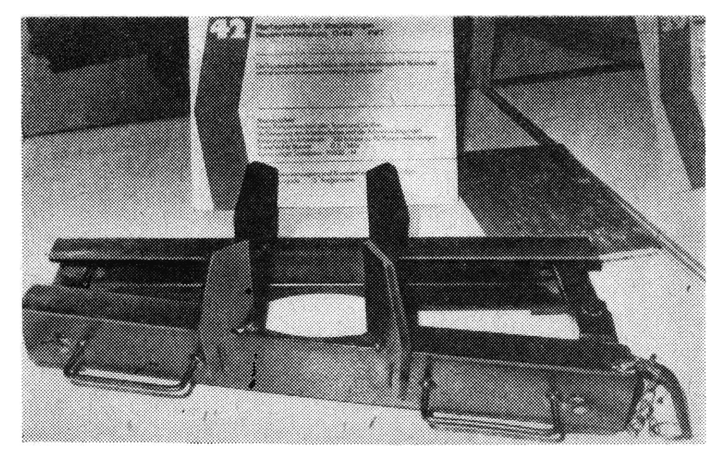
Das System ist im Rahmen der Wasseraufbereitung in Wasserwirtschafts- und Industriebetrieben für alle vorhandenen Filtertypen bei einer Arbeitsbreite von 3 bis 6 m einsetzbar. Schwere körperliche Tätigkeit wird durch ein vollmechanisiertes hydraulisches Transportsystem abgelöst. Für den schichtweisen Austrag des Filtermaterials wurde ein spezielles Saug-Spül-System entwickelt, das eine Neuheit im Weltmaßstab darstellt. Die Arbeitsproduktivität wird um 400 Prozent erhöht. Für eine Großanlage (2×24 h/Filter bei 36 Filtern und 2× Regen/a) werden 2 VBE freigelegt. Der betriebliche Nutzen beträgt 51 900 Mark.



Automatisiertes Versuchsfiltersystem
(VEB Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz Torgau)

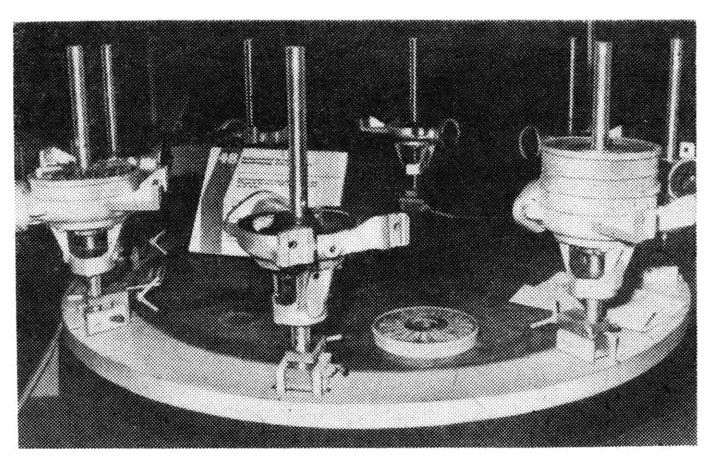
Das System stellt eine logische funktionelle Verbindung und den rationellen Einsatz spezifischer Einzelexponate im Zusammenhang mit der Automatisierung der Filterversuche dar. Bei der Durchführung von Filterversuchen war bisher eine ständige Betreuung der Versuchseinrichtung erforderlich, um den Zulauf des aufzubereitenden Wassers zu überwachen, die Chemikaliendosierung zu regeln, den Filterablauf konstant zu halten, die Druckwerte abzulesen und die Wasserproben zu entnehmen. Der Nutzen besteht in der Verbesserung der Arbeitsbedingungen und der Qualität der Filterversuche, der Arbeitszeiteinsparung in Abhängigkeit der Anwendungshäufigkeit.





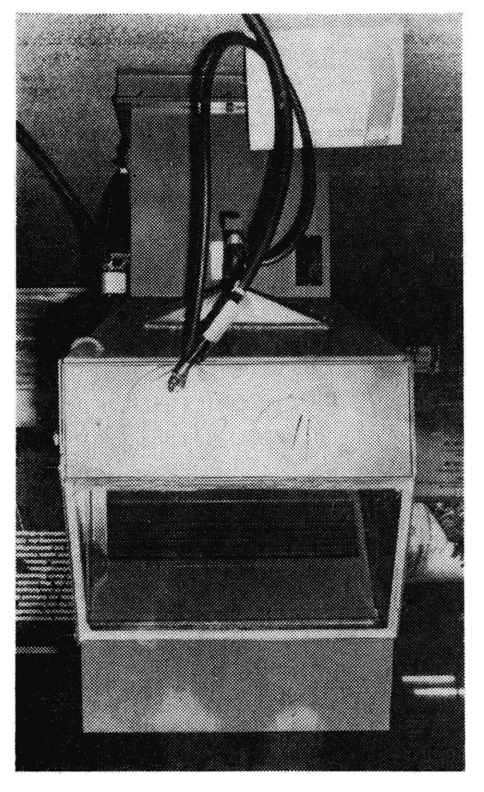
Montageschelle für Steigleitungen
(VEB WAB Potsdam)

Die Schelle ist anwendbar beim Pumpenwechsel von BEKA-Tiefbrunnen-Kreiselpumpen und Unterwasser-Motorpumpen statt der bisher verwendeten Hartholzschelle, die nur nennweitenabhängig zu verwenden war. Beim Einsatz größerer Rohrdimensionen läßt sich die Montageschelle durch den Einbau eines Paßstückes von NW 150 bis NW 200 erweitern.
Vorteile und Nutzen sind: Verbesserung der Arbeitsbedingungen und Arbeitssicherheit, Einsparung an Arbeitszeit: 100 h/a bei 60 bis 80 Pumpenwechslungen, der betriebliche Nutzen beträgt 500 Mark/a.



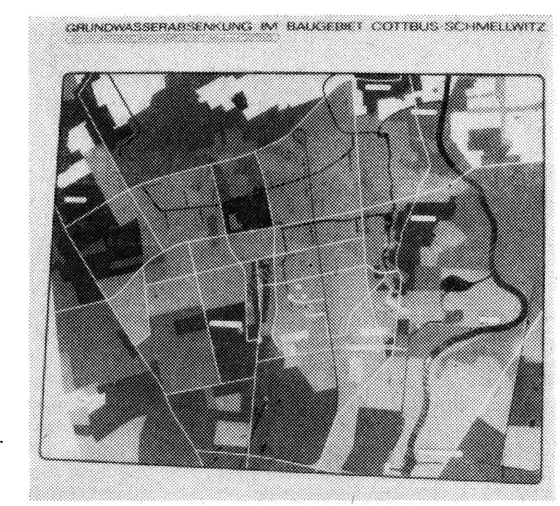
Montagedrehtisch für Pumpen
(VEB WAB Dresden)

Der Montagedrehtisch wurde für Pumpen des Typs WSI und WBI und der Nennweiten 25—65 mm entwickelt, mit dem gleichzeitig 8 Pumpen der vorgenannten Typen montiert werden können. Erzielt wird eine Steigerung der Arbeitsproduktivität, die Arbeitsbedingungen verbessern sich. Die Einsparung an Arbeitszeit beträgt 100 h/a und Tisch, der betrieblicheNutzen = 2 350 Mark/a.



Kleinstrahlkabine
(VEB WAB, Karl-Marx-Stadt)

Die Strahlkabine wurde für das Säubern von Pumpenteilen und zur Oberflächenvorbehandlung von anderen Kleinteilen entwickelt. Mit dem Strahlverfahren wird die arbeitsaufwendige Tätigkeit des Schabens von Hand ersetzt und gleichzeitig die Qualität der Oberflächenvorbehandlung verbessert. Durch den Einsatz der Strahlkabine wird die Arbeitsproduktivität durch Senkung des erforderlichen Arbeitszeitaufwandes um das 7,5fache gesteigert, Arbeitserschwernisse beseitigt und die Arbeitsbedingungen verbessert. Die Einsparung an Arbeitszeit beträgt 3 000 h/a, der betriebliche Nutzen 15 200 M/a.



Grundwasserabsenkung Baugebiet Cottbus-Schmellwitz
(VEB Projektierung Wasserwirtschaft Halle)

Im geplanten Wohnungsbaukomplex Cottbus-Schmellwitz für 60 000 Einwohner wurde auf Grund hohen Grundwasserstandes und Eisengehalts eine dauerhafte Grundwasserabsenkung mittels offener Gräben vorgesehen. Die Gräben übernehmen gleichzeitig die Ableitung des Regenwassers in natürlicher Vorflut. Durch die gewählten Kreisquerschnitte der Kreuzungsbauwerke tritt eine Regenwasserüberwachung ein, die das anschließende landwirtschaftliche Grabensystem entlastet. Der ökonomische Nutzen besteht in der Rückgabe von Investitionsmitteln durch Wegfall der Primärschließung für Regenwasser einschließlich Regenwasserpumpstation von 16,6 Mill. Mark und in der Einsparung von Elektroenergie von 133 MWh/a, außerdem erhöht sich die Wohnqualität durch die Anlage zusätzlicher Naherholungsbereiche.

Aufgabenstellungen für Jugendobjekte in der Wasserwirtschaft

Auf der Jugendneuererkonferenz im November 1982 übergab der Stellvertreter des Vorsitzenden des Ministerrates und Minister für Umweltschutz und Wasserwirtschaft, Dr. Hans Reichelt, Aufgabenstellungen zur Erhöhung des schöpferischen Niveaus in der MMM-Bewegung und in Vorbereitung der XXVI. ZMMM für die folgenden Jugendobjekte:

- Jugendkollektiv des VEB WAB Leipzig für das MMM-Objekt
  Aufbau eines Feldmeßgerätes zur Bestimmung des Nitratgehaltes
- Jugendkollektiv des VEB WAB Schwerin für das MMM-Objekt
  Steuerungsmodell der Schweriner Wasserwerke mit Hilfe von Druckmeßstellen im Trinkwassernetz
- Jugendbrigade des VB III Hildburghausen des VEB WAB Suhl für das MMM-Objekt
  Weiterentwicklung einer luftdruckbetriebenen Söffelpumpe für Wasserhaltung bei Reparaturen am Rohrnetz
- Jugendkollektiv in der Instandhaltungsbrigade Magdeburg der WWD Untere Elbe für das MMM-Objekt
  Komplextechnologie zur Instandhaltung von Gewässern in Großstadtgebieten
- Jugendkollektiv „Biologische Gewässerüberwachung" von der WWD Saale—Werra für das MMM-Objekt
  Bau und Funktionsprobe eines künstlichen Bewuchsträgers zur biologischen Uberwachung stehender Binnengewässer
- Jugendkollektiv der Oberflußmeisterei Dresden, Staatliche Gewässeraufsicht, der WWD Obere Elbe—Neiße für das MMM-Objekt
  Meßprogramm Trinkwassertalsperren Klingenberg/Lehnmühle
- Jugendkollektiv der Fachabteilung Abwasser vom BT Dresden im VEB Kombinat Wassertechnik und Projektierung Wasserwirtschaft für das MMM-Objekt
  Biogas aus Emscherbrunnen

Wissenschaft und Technik – Herausforderung für die junge Generation

Auf der Konferenz junger Neuerer der Wasserwirtschaft (siehe Bericht dazu auf Seite 3 dieses Heftes) informierten u. a. folgende Jugendfreunde über die in ihren Betrieben bzw. Kollektiven entwickelten und gebauten Exponate:

Der schöpferische Beitrag des Jugendkollektivs bei der Entwicklung der Transport- und Revisionsvorrichtung für Elektroschalter
Reinhardt Albrecht, VEB WAB Berlin

Die im VEB WAB Berlin neu errichteten Pumpwerke sind mit einer Niederspannungsschaltanlage vom Typ ISA 2000 ausgerüstet. Dieser Anlagentyp hat wegen seiner kompakten Bauweise und seinen vielfältigen Varianten (Schaltfelder, Trafofelder, Schützenfelder) viele Vorteile. Uns geht es speziell um die EL-Schalter aus den Schaltfeldern. Mit diesen Schaltern werden die Einspeisung der Sammelschienensysteme und die Pumpenmotore ein- bzw. ausgeschaltet. Die Betriebsspannung dieser Anlage beträgt 660 V. Die Nutzung einer solch hohen Spannung wirkt sich in der ISA-Anlage besonders gefährlich aus. Bei unsachgemäßer Bedienung birgt die Anlage große Gefahren. Darum wurde vom Hersteller für diesen Anlagentyp ein gesonderter Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutznachweis (GAB) erlassen. Der Gerätehersteller verlangt eine planmäßig vorbeugende Instandhaltung an den EL-Schaltern. Dafür wurden die EL-Schalter demontiert und mit dem Kraftfahrzeug in den Werkstattstützpunkt gebracht. Dabei wurden die Schalter oft beschädigt. Vom Meister bekamen wir den Auftrag, uns dazu etwas einfallen zu lassen.

Im Ergebnis vieler Diskussionen innerhalb unseres Jugendkollektivs entwarfen und bauten wir einen Transportbock, auf dem der Schalter mit wenig Aufwand feststehend aufgesetzt werden konnte. Dies war der erste Schritt. Uns schien aber diese Lösung noch nicht gut genug, wir knobelten weiter. Wir überlegten, wie der Schalter vor Ort überprüft und die Instandhaltung ohne Gefahrenquellen durchgeführt werden kann. Alle gesammelten Fakten brachten wir zu Papier und reichten dann einen Neuerervorschlag ein, aus dem dann ein MMM-Exponat entstand, mit dessen Funktion jedes Mitglied unseres Kollektivs vertraut ist. In unsere Beratungen wurden auch ältere, berufserfahrene Kollegen einbezogen. Wir entwarfen eine Skizze und bauten vorerst aus Rest- und Abrißmaterial ein Muster, das mehrmals verändert wurde, bis wir letztendlich zu unserem jetzigen Prüfstand kamen, der den Anforderungen zum Prüfen des Schalters entsprach. In dieser Bauform besteht die Möglichkeit, den Schalter ohne Schwierigkeit um 90° nach vorn und hinten zu kippen. Dadurch sind alle elektrotechnischen und mechanischen Einzelteile dem Monteur zugänglich, um sie zu warten und zu reparieren.

Wir können jetzt vor Ort alle Prüfungen unter Abwenden von Gefahren vornehmen. Der Pumpenbetrieb kann weiterlaufen, ohne die gesamte Anlage schalten zu müssen. Dieser Prüfstand hat sich bereits bestens auf den von uns betreuten neuen Werken und Anlagen bewährt.

Zur Nachbenutzung ist zu sagen, daß die Herstellung relativ einfach ist. In allen Werken, die mit einer Niederspannungsschaltanlage vom Typ ISA 2000 ausgerüstet sind, besteht die Möglichkeit, dieses Rationalisierungsmittel einzusetzen. Im VEB WAB Berlin könnten z. B. etwa 28 Niederspannungsschaltanlagen mit diesem Exponat ausgerüstet werden.

Die Senkung der Kosten bei der Reparatur von Kanalnetzen durch hohe wissenschaftlich-technische Leistungen aus dem Plan Wissenschaft und Technik
Andrea Fischer, VEB WAB Cottbus

Unsere Neuererleistungen im Rahmen der MMM 1982 erbringen einen Nutzen von über 500 000 Mark. Ob im Bereich der Mikroelektronik oder im Bereich der Instandhaltung — in jedem Falle wurden uns von der staatlichen Leitung solche Aufgaben aus dem Plan übertragen, die wir lösen konnten, auch mit Hilfe unserer Betriebssektion der KDT.

Was hatten wir uns in Senftenberg vorgenommen? Nach dem Beispiel der Wasserwerke von Colbitz wollen wir den Filterrückspülprozeß automatisieren. Handelsübliche mikroelektronische Bausteine sollen hierbei die Grundlage bilden. So schufen wir eine Lösung zur Verbesserung des Umwälzeffekts in den Faulbehältern auf der Kläranlage Brieske. Die Lösung der weiteren MMM-Aufgabe „Kanalreparatur von innen" stellen wir hier auf der Jubiläumsmesse vor. Als Jugendneuererkollektiv wurde uns aus dem Planteil „technisch-organisatorische Maßnahmen" die Aufgabe übertragen, nach Lösungen zur Stabilisierung des Hauptsammlers von Senftenberg zur Kläranlage Brieske zu suchen. Der Sammler hatte sich zur Drainage entwickelt, da die Stoßstellen undicht waren und Grundwasser und Sand eindringen konnten. Eine Reparatur im üblichen Sinne wäre sehr aufwendig geworden; denn offene Baugruben und Grundwasserhaltungen kosten bekanntlich einiges. Wir versuchten also, die Reparatur von innen vorzunehmen.

Das Zementmörtel-Auspressen für Trinkwasserleitungen stand Pate. Im laufenden Verfahren entwickelten wir die endgültige Lösung: Eine metallische Schalung mit Hilfe von zwei Gummidichtungen wird gegen die Kanalwandung gepreßt. Eine Mörtelpumpe liefert die Zementmörtelmischung, und von innen wird nun die Kanalleitung abgedichtet. Nur eine gute kameradschaftliche Zusammenarbeit unterschiedlicher Struktureinheiten konnte zu dem nunmehr ausgereiften Verfahren führen. Das Ergebnis unserer Arbeit als Jugendneuererkollektiv ist unser Beitrag zur Erhöhung der Effektivität der Neuererarbeit. Der gesellschaftliche Vorteil liegt vor allem im Vermeiden umfangreicher Schachtarbeiten und energieaufwendiger Grundwasserabsenkungen.

Die Erfahrungen unseres Jugendkollektivs bei der Entwicklung der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit zur Automatisierung wasserwirtschaftlicher Anlagen
Gabriele Opitz, VEB WAB Dresden

In der Vergangenheit wurden in unserem Betrieb wasserstandsabhängige Fernsteuerungsanlagen System AEGIR ausschließlich in Vieldrahtsteuerung eingesetzt. Das bedeutet, daß für Messung, Steuerung und Signale eines mittleren Werkes mindestens 15 bis 20 Fernadern benötigt wurden. Daraus ergab sich das dringende Erfordernis, Werke bzw. Wasserversorgungsanlagen mit nur wenigen Adern oder im Extremfall einem Adernpaar zu betreiben. Jugendliche und erfahrene Fachleute unseres Betriebes sahen die Lösungswege darin, die Wasserstandsfernmessung der Behälter so gut zu gestalten, daß die erforderlichen Meldungen und Steuerbefehle von dieser unmittelbar mit ausgelöst wurden. Um relativ schnell das gestellte Ziel zu erreichen, schloß sich unser Kollektiv mit jugendlichen Fachkollegen des VEB AEGIR und einem versierten Elektroniker vom VEB Mikromat Dresden zusammen. Durch die Zusammensetzung des Kollektivs von Wissenschaftlern, Hersteller und Anwender wird bei der Lösung derartiger Aufgaben ein größtmöglicher Nutzeffekt erreicht.

Das Ergebnis unserer Arbeit ist die hier vorgestellte Prozeßsteuerung, ein Verfahren zur meßgrößenabhängigen Grenzwertüberwachung und Steuerung von Stellgliedern. Die Anwendung ist bei der wasserstandsabhängigen Steuerung von Pumpwerken, bei Steuerungen in Abhängigkeit von Druck oder Durchfluß, bei der Steuerung des Eintrages von Stoffen, z. B. Kreiselbelüftung, oder bei der Mehrfachausnutzung von Fernadern möglich — also überall dort, wo ana-

loge Meßwerte zur Steuerung von frei vorwählbaren Grenzwerten eingesetzt werden können, selbst dann, wenn das Gleichstromsignal stark störbehaftet ist.
Durch das digitale Prinzip der Auswertung ist auch eine unkomplizierte Funkübertragung der Meßwerte möglich. Der jährliche Nutzen einer Anlage beträgt nach vorläufigen Schätzungen etwa 20 000 Mark. Ein Funktionsmuster wurde im Wasserwerk Nossen eingebaut, es arbeitet dort seit drei Monaten ohne Beanstandungen. Zur Zeit werden in unserem Betrieb die Voraussetzungen geschaffen, um die Bausteine zur Prozeßsteuerung für den eigenen Bedarf herzustellen. Die Ergebnisse der ZMMM, d. h. die Nachfrage wird ergeben, in welchem Umfang die Bausteine in unserem Betrieb gefertigt werden müssen. Wir werden weiterhin aktiv im Neuererwesen mitarbeiten und bei der schrittweisen Einführung der Mikroelektronik in unserem Betrieb tatkräftig mitwirken.

Erste Ergebnisse im Friedensaufgebot der FDJ und unsere Erfahrungen beim Einsatz von Wärmepumpen zur Einsparung von Energie

Christine Ehrmüller, VEB WAB Frankfurt (Oder)

Unser Betrieb ist das Bewährungsfeld für uns junge Sozialisten. Gefragt sind klarer Standpunkt und hohe Leistungen. Die staatliche Leitung bringt uns Vertrauen entgegen und überträgt uns Verantwortung. Dazu gehört aber auch, daß wir die gebotenen Möglichkeiten besser nutzen. Die gebildeten Jugendbrigaden stellen den Kern einer guten FDJ-Arbeit dar, und die Übernahme von Jugendobjekten aus dem PWT wird nicht zuletzt die betriebliche Neuerertätigkeit und MMM-Bewegung voranbringen. Deshalb ist vorgesehen, noch weitere Jugendbrigaden bei uns im Bereich Dispatcher, Kläranlage Schwedt, im Hauptingenieurbereich, im ökonomischen und Hauptbuchhalterbereich sowie im Versorgungsbereich Fürstenwalde zu bilden. Wir erwarten, daß sich das Schöpfertum unserer rund 145 Jugendlichen in den Jugendobjekten aus dem PWT für 1983 entfalten und sich in hohen ökonomischen Ergebnissen niederschlagen wird.

Erfahrungen unseres Jugendkollektivs bei der Lösung von Aufgaben aus dem PWT und bei der Vorbereitung der Prozeßführung und der wirtschaftlichen Lastverteilung bei gleichzeitiger Ausnutzung der Erfahrungen unserer Partner aus der Ungarischen Volksrepublik

Annette Sawall, VEB WAB Karl-Marx-Stadt

Der VEB WAB Karl-Marx-Stadt ist hier auf der XXV. ZMMM mit dem Exponat „Prozeßführung und wirtschaftliche Lastverteilung im Verbundsystem Mitte" vertreten. Mit der Erarbeitung des Exponats ist ein Jugendneuererkollektiv betraut worden. Im Mittelpunkt unseres Exponats steht das Wasserwerk Burkersdorf, es gehört zu den modernsten und größten der DDR. Es speist gemeinsam mit dem zweitgrößten Wasserwerk unseres Betriebes, der TWA Einsiedel, und weiteren sieben Wasserwerken mit einer Gesamtkapazität von über 400 000 m^3/d in ein gemeinsames Verbundsystem ein. Das dabei versorgte Territorium umfaßt eine Fläche von 2 200 km^2, in der fast 1 Million Bürger wohnen. Daraus wird deutlich, daß das Zusammenwirken der Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlagen zur Erreichung einer hohen Effektivität sowie einer hohen Versorgungssicherheit einer zentralen Koordinierung mit Hilfe eines rechnergestützten Hauptdispatchersystems bedarf. Eine zentrale Forderung der FDJ lautet, Schwerpunktaufgaben aus dem Plan Wissenschaft und Technik an Jugendkollektive zu übertragen. Deshalb erfüllte es uns als Jugendkollektiv mit Stolz, daß der Direktor unseres Betriebes gerade diese Schwerpunktaufgabe aus dem PWT an uns übertragen hat, denn es handelt sich ja immerhin um die Senkung des Energieverbrauchs um mindestens 2 000 MWh/a, eine Arbeitszeiteinsparung von 2 500 h/a, eine Freisetzung von fünf VbE sowie die Einsparung von 2,5 Mill. Mark durch zeitliches Verschieben des Baues von neun Reinwasserbehältern. Diese Aufgabe wurde uns von Minister Dr. Reichelt als Objekt der sozialistischen Integration übertragen. Wir arbeiten hier mit Kollegen unseres Partnerbetriebes in Siofok (Ungarische Volksrepublik) zusammen.

Die Idee zu unserem hier dargestellten Exponat wurde im vergangenen Jahr anläßlich eines Erfahrungsaustausches mit ungarischen Kollegen geboren. Anregung dazu gab, daß in einem Wasserwerk unseres ungarischen Partnerbetriebes bereits eine Prozeßführung für ein einfaches System der Trinkwasseraufbereitung im Einsatz war und für ein umfassenderes Verteilungssystem aufgebaut werden sollte. Für unsere gemeinsam erarbeitete Lösung konnten also bereits praktische Ergebnisse aus dieser Arbeit genutzt werden. Die Gesamtaufgabe wird in mehreren Ausbaustufen realisiert, wobei jede Ausbaustufe in sich funktionstüchtig sein muß. Der zeitliche Ablauf hängt von folgenden Problemen ab:

1. von einem richtigen Aufwand-Nutzen-Verhältnis nach dem Grundsatz: hochwertige und entsprechend teure Technik darf nur dann in den weiteren Ausbaustufen bis zur geschlossenen Prozeßsteuerung zum Einsatz kommen, wenn sie unbedingt erforderlich und ihr Nutzen nachgewiesen ist, und

2. von der materiell-technischen Sicherung, wobei für die 1. Ausbaustufe unbedingt das Kleinrechnersystem K 1520 und das Datenfernübertragungssystem Aquatrans erforderlich ist. Hieraus werden wir auch weiterhin Aufgabenstellungen für Neuererkollektive ableiten. Bei vielen Aufgaben werden dabei Elemente der Mikroelektronik zum Einsatz kommen, so z. B. bei der Übertragung von Durchflußmengen von Wasserzählern und Zählwerken oder bei der Übertragung von elektrischen Leistungsparametern. Und da der Erfahrungsaustausch bekanntlich die billigste Investition ist, fordern wir alle Betriebe auf, besonders natürlich die hier vertretenen Jugendkollektive, die ähnliche Probleme gelöst bzw. noch zu lösen haben, mit uns in einen regen Erfahrungsaustausch zu treten.

Beitrag der Studenten zur Verbesserung der Abwasserbehandlung bei gleichzeitiger Werkstoffrückgewinnung am Beispiel der Abwasserbehandlung der keramischen Abwässer Haldensleben

Gunter Bulla, Ingenieurschule für Wasserwirtschaft Magdeburg

Im VEB Keramische Werke Haldensleben fallen Abwässer an, die hauptsächlich Bestandteile mit kolloid- und feindispersen Korngrößen enthalten. Das wissenschaftlich-technische Ziel bestand darin, unter Berücksichtigung der vorhandenen Anlage ein solches Verfahren zu entwickeln, mit dem mineralische Suspensionsbestandteile als Wertstoffe für den Wiedereinsatz in der Produktion rückgewonnen werden können. Diese Aufgabe wurde an das studentische Rationalisierungs- und Konstruktionsbüro herangetragen und war mit dem Auftrag verbunden, für die diesjährige ZMMM ein entsprechendes Exponat zu erarbeiten. Wir schufen uns erst einmal die notwendigen Voraussetzungen, wie z. B. die Kenntnis über Ort, Menge und zeitliche Verteilung des anfallenden Abwassers. Die Angaben wurden mit Hilfe einer kontinuierlichen Beprobung der Industrieabwasserkläranlage über einen längeren Zeitraum erarbeitet. Danach wurden gezielte Untersuchungen zur Bestimmung der Inhaltstoffe und ihres Verhaltens unter labortechnischen Bedingungen durchgeführt. Aus den Ergebnissen stellte sich heraus, daß die herkömmlichen Verfahren kaum eine effektive Abtrennung der Suspensionsbestandteile ermöglichen. Erst seit dem Einsatz von Koagulanten und synthetischen Hochpolymeren wurde eine nahezu vollständige Trennung der Suspension in Mineralschlamm und Klarphase erreicht. Entsprechend der gestellten Forderung wurde ein „Verfahren zur Behandlung mineralischer Suspensionen" entwickelt und an die betriebliche Situation angepaßt, so daß die vorhandene bauliche Substanz nur geringfügig verändert werden muß. Zu Beginn unserer Tätigkeit erarbeiteten wir ein Programm mit den einzelnen Aufgabenkomplexen, das nach und nach konkretisiert wurde. So hat sich das Kollektiv während des Bearbeitungszeitraums immer weiter gefestigt, jeder einzelne hat engagierte, kreative Arbeit geleistet und entscheidend zur gemeinsamen Lösung beigetragen. Mit der vollständigen Durchsetzung dieses Verfahrens im VEB Keramische Werke Haldensleben können die Kosten erheblich gesenkt werden. Außerdem kann die tägliche Entnahme von Betriebswasser aus dem Trinkwassernetz durch die Einführung eines H_2O-Kreislaufs reduziert werden. Darüber hinaus werden mit dieser eingesparten Menge Einwohner im Versorgungsgebiet Haldensleben zusätzlich mit Trinkwasser versorgt. Durch die Wertstoffrückgewinnung in Form von Keramikmasse, die wieder im Produktionsprozeß eingesetzt wird, erreicht man eine effektive Materialökonomie und spart zugleich wertvolle Devisen ein. Der Betrieb und die Instandhaltung des Kanalnetzes des VEB WAB werden entlastet sowie die Einleitung der unbehandelten Abwässer in den Vorfluter verhindert. Damit wird ein wertvoller Beitrag zur Realisierung der Direktive des Ministerrates der DDR zur rationellen Wasserverwendung geleistet. Unser Exponat ist ein Beispiel dafür, daß Umweltschutzmaßnahmen und die weitere Intensivierung durchaus eine Einheit bilden können.

Tiefstrombelüftung – ein neues Verfahren zur Optimierung der biologischen Abwasserbehandlung nach dem Belebtschlammverfahren

Dozent Kand. der techn. Wiss. O. P. SINJOW und
Dipl.-Ing. V. HETTLER, Aspirant der DDR am Ukrainischen
Institut für Ingenieure der Wasserwirtschaft in Rowno,
Lehrstuhl Sanitärtechnik und Wasserversorgung

Die Quantität und Qualität des Abwassers hat sich in den letzten 15 bis 20 Jahren wesentlich verändert. Vielerorts ist es zur Überlastung der vorhandenen Anlagen gekommen. An neue Verfahren der Abwasserbehandlung werden folgende Parameter als Anforderung gestellt:

1. Steigerung der Energieausnutzung, besonders der Sauerstoffertragswerte
2. Steigerung der Kapazität ohne umfangreiche Nebenarbeiten
3. Verringerung des spezifischen Platzbedarfs
4. Verringerung der Aufenhaltszeiten
5. Verringerung der Geruchsbelastung
6. Verringerung des Schlammanfalls
7. Hohe Resistenz gegen Schockbelastung, bei einfachster und robuster Arbeitsweise
8. Verarbeitung großer Konzentrationsschwankungen.

Sind diese Kriterien gegeben, so wird es künftig möglich sein, die Kläranlagen in unmittelbarer Nähe der Wohngebiete und Industriekomplexe zu errichten, ohne daß damit eine Belastung für die Menschen und Umwelt verbunden ist.

Verfahrensbeschreibung

Bei der Reinigung von biologisch abbaubaren Abwasserinhaltstoffen hat sich eine Steigerung der O_2-Umsatzrate aus der zugeführten Luft von 6 bis 10 Prozent konventioneller Anlagen auf über 60 Prozent als möglich und effektiv erwiesen. So gewinnt die Sauerstoffbegasung zunehmend an Bedeutung, was wiederum zur Erhöhung der Schlammbelastung, Verringerung der Beckenvolumen und Aufenthaltszeiten führt.

Allgemein ist die Sauerstoffzufuhr abhängig vom Konzentrationsgefälle zwischen Sättigungswert und gelöstem Sauerstoff. Nach dem Gesetz von *Henry* ist die Sättigung von Sauerstoff im Wasser direkt proportional dem Partialdruck PO_2 des Sauerstoffs in der Gasphase:

$C_s = KT \cdot PO_2$ (KT = Temperaturkonstante).

Es existieren praktisch zwei Möglichkeiten, diesen Umstand für die bessere Sauerstoffversorgung beim Belebungsverfahren auszunutzen. Der erste Weg ist die Begasung mit reinem Sauerstoff, da der Partialdruck des Sauerstoffs in der Luft 217,7 mbar und beim Sauerstoff 1 013,2 mbar beträgt. Dies hat zur Folge, daß die Sättigungskonzentration des reinen O_2 bei Normaldruck etwa um den Faktor 4,8 größer ist als der Sauerstoff aus der Luft. Die Zufuhr von Sauerstoff kann somit gegenüber der mit Luft um den Faktor 5,5 bis 6,0 in Abhängigkeit von der Temperatur erhöht werden.

Die zweite Möglichkeit besteht in der Erhöhung des Umgebungsdrucks. Diesem direkt proportional sind der Sauerstoffpartialdruck und die Bedingungen des *Henry*schen Gesetzes. Die dabei vorhandene „Restluft" kann gleichzeitig zur Beckendurchmischung genutzt werden. Die Erhöhung des Umgebungsdrucks von 0,10 bis 1,0 MPa bei 0 °C hat eine Steigerung des Sättigungsfaktors um rund 10 zur Folge. Die genannten Bedingungen sind aber nur mit speziellen, zum Teil sehr aufwendigen Bedingungen zu schaffen.

Eine britische Firma patientierte 1974 ein Verfahren, das auf der Grundlage einfachster Arbeitsprinzipien den Umgebungsdruck erhöht — das Tiefstrombelüftungsverfahren, englisch Deep Shaft. Es besitzt gewisse Ähnlichkeiten in der Grundkonzeption mit dem Turmbelüftungsverfahren, ist jedoch wesentlich einfacher in der Errichtung, Wartung und im Betriebsverhalten. Die Turmbelüftung erscheint vorteilhafter bei schwierigen geologischen Verhältnissen und spezifischen örtlichen Gegebenheiten. Das Prinzip der Tiefstrombelüftungsanlage ist folgendes:

Der erforderliche Belebungsraum zur biologischen Reinigung besteht aus zwei senk-

Tafel 1 Vergleich der wichtigsten Verfahrenskennziffern

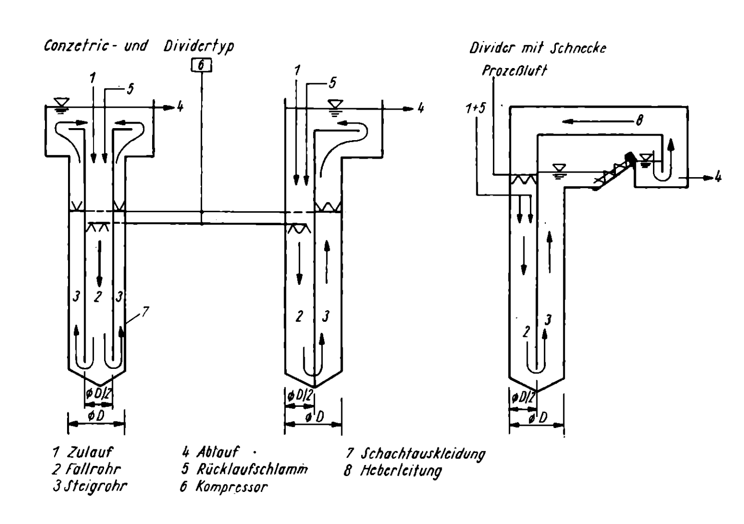
		allgemeine Belüftung	Sauerstoffbegasung Anlage Wuppertal	Tiefstrombelüftung allgemein	Emlichheim	Billingham
Durchflußmenge	m^3/d	—	144	—	25	15
Aufenthaltszeit	h	6—20	3,3	1,0—2,0	1,75	1,2
Raumbelastung	kg BSB_5/m^3d	1,3—3,6	1,68	5—13	12,6	10,2
Schlammbelastung	kg BSB_5/kg T_sd	0,3—2,0	0,35	0,7—2	2	0,91
Schlammtrockensubstanz	kg/m^3	1,5—2,0	5	3—8	6	4,4
Schlammindex	l/kg	80—120	73	40—80	49,2	40
Schlammalter	d	8—12	—	3—8	—	1,4
Rücklaufschlamm	%	60—100	—	20—100	—	60
Sauerstoffgehalt	mg/l	2—4	10	5—8	7	5,8
BSB_5-Zulauf	mg/l	200—350	233	200—4000	∅ 2100	∅ 450
Abbau	%	85—90	95	85—95	85	92
CSB-Zulauf	mg/l	—	408	250—3500	3100	1000
Abbau	%	—	70	70—80	83	88
Sauerstoffausnutzung	%	5—10	98	größer 60	—	85
Energieausnutzung	kg O_2/kWh	0,75—2,5	—	3—6	4	3,5
Tiefe	m	3—5	—	30—300	100	100
Durchmesser	m	—	—	0,3—10	1,1	1,3

Tafel 2 Anwendungsorte einer Tiefstrombelüftungsanlage — Stand Juni 1980

Land	Art des Abwassers	Schaft (Länge × ∅ in m)	EGW (in 1000)
England	kommunales/industrielles	130 × 1,86	140
	aus der Zellstoffindustrie	33 × 6	400
	aus der chemischen Industrie	105 × 2	100
	aus der chemischen Industrie	100 × 1,3	50
	aus der Proteinherstellung	150 × 0,45	—
BRD	kommunales/industrielles	100 × 1,1	100
	kommunales/industrielles	3 Schächte 82 × 3	100
Japan	kommunales/industrielles	100 × 1	20
	aus der Zellstoffindustrie	eine „U"-Röhre 100 × 0,1	—
	aus der chemischen Industrie	eine „U"-Röhre 100 × 0,1	—
Kanada	kommunales	220 × 0,85	10
	Brauereiabwässer	150 × 1,4	100
	kommunales aus der Lebensmittelindustrie	150 × 1,4	100
Frankreich	kommunales/industrielles	eine „U"-Röhre 50 × 0,1	—
USA	kommunales/industrielles		

rechten konzentrischen Zylindern, die in einen Tiefschacht eingebracht sind. Es sind verschiedene Prinzipien der Schachtaufteilung bekannt, wobei der Typ mit Zentralrohr, dessen Durchmesser ungefähr die Hälfte des Gesamtdurchmessers beträgt, und dem Außenteil — konzentrischer Typ — am häufigsten zu Anwendung kommt. Ein anderer Typ (Dividertyp) ist nur zweigeteilt, wobei in einem Teil die Abwärts- und in anderen Teilen die Aufwärtsbewegung stattfindet (Bild 1).

Bild 1



Herstellung und Konstruktion

Der Tiefschacht hat folgende Parameter: ungefähr 0,3 bis 10 m Durchmesser und 50 bis 300 m Tiefe. Anfangs erstaunt dies und läßt Bedenken gegen die Herstellung aufkommen, aber bei den zahlreichen Bohrungen für die Erdöl- und Erdgasgewinnung ist das schon kein Problem mehr. Bohrdurchmesser bis 1,2 m und Tiefen von 100 m bringen keine großen Schwierigkeiten, und der Bohrpreis dürfte nicht über 3 000 M/m liegen.

Grundsätzlich gibt es zwei Arten der Schachtniederbringung. Mit den verschiedenen Bohrverfahren, bis zu 1,5 m Durchmesser und 150 m Tiefe bis 3 m mit spezieller Technik, bei Durchmessern 3 m werden konventionell bis auf 70 oder 80 m abgeteuft. Für die Konzipierung des Tiefschachtes ist der Umfang der zu behandelnden Abwassermenge bestimmend. Das benötigte Reaktorvolumen kann durch Vertiefung oder Vergrößerung des Durchmessers gewonnen werden. Als optimale Tiefe zeichnen sich gegenwärtig 80 bis 130 m ab, weil der erreichte Umgebungsdruck zum Sauerstofftransfer ausreicht und eine Vertiefung teuer wird. Einfach ist die Durchmessererweiterung. Nur bei besonders günstigen Untergrundverhältnissen wird eine Volumenvergrößerung durch Vertiefung angestrebt (Tafel 2). Für den Reaktorplatz mit seinen Nebenanlagen werden in jedem Falle nur 10 bis 15 Prozent im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen beansprucht. Vor der Entscheidung über die Art der Schachtniederbringung sind alle Einflußfaktoren komplex zu betrachten. Abhängig von den Bohrdurchmessern werden besonders im Bereich bis zu 1,5 m handelsübliche Rohre bei der Abdichtung gegenüber den korrespondierenden Erdschichten angewandt — ein wesentlicher Faktor der Kostenminimierung.

Sind die geologischen Verhältnisse günstig, wird nur ein Drittel ausgekleidet, weil dieses am stärksten beansprucht wird. Der „U-Rohr-Typ" bringt hinsichtlich der Abdichtung die geringsten Probleme mit sich, er wird im Bereich von 10 bis 20 m Tiefe in Zement eingegossen, der Restbereich mit Ton, Lehm oder Sand aufgefüllt.

Arbeitsweise

In das Zentralrohr werden beim konzentrischen Typ — auch als Fallrohr oder Downcomer bezeichnet — die Prozeßluft, das Abwasser und der Rücklaufschlamm eingeleitet.

Im äußeren Teil (Steigrohr, Riser) steigt das Abwasser wieder auf. Der gleiche Vorgang vollzieht sich bei der zweigeteilten Version des Reaktors. Wichtig ist, daß die Sinkgeschwindigkeit größer als 0,8 m/s sein muß, ungefähr bis 2 m/s. Dies ist die Grundlage dafür, daß die Belüftungsblasen mit in die Tiefe gerissen werden. Durch den Druckanstieg wird der größte Teil der Luft völlig in der Flüssigkeit gelöst, und im Steigrohr entspannen sich auf Grund der Druckminderung die Luftblasen beim Aufstieg wieder. Im oberen, dem Entgasungsteil, entweichen die Luftblasen in die Atmosphäre. Dieser Auftrieb der Blasen und der so entstehende größere Luftanteil im Steigrohr führen zu geringerer Dichte dieses Zweistoffgemisches im Vergleich zum Fallrohr. Nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren hat es ein ständiges Bestreben zum Druckausgleich zur Folge, und es entsteht so die Zirkulationsbewegung. Der verlängerte Weg der Luftblase, praktisch unten hindurch, vergrößert die Einblastiefe und die Kontaktzeit zwischen Luftblasen und Belebtschlammflocke um ein Vielfaches. Verstärkt wird dieser Effekt durch den feinkörnigen Charakter der Flocke und die daraus resultierende Erweiterung der Kontaktfläche. Der Einblaspunkt für die Prozeßluft befindet sich im ersten Drittel des Schachtes, gewöhnlich zwischen 20 bis 40 m Tiefe. Für die Inbetriebnahme muß allerdings anfangs im Steigteil Luft bis zur erforderlichen Zirkulationsgeschwindigkeit eingeblasen werden, um den Dichte- und Wichteunterschied zu erzeugen. Dann wird die Belüftung des Steigteils langsam geschlossen und im gleichen Maße im Fallrohr geöffnet. Als Steuergröße für den Umschaltprozeß dient die Aufrechterhaltung der Zirkulationsgeschwindigkeit. Im Laufe der Versuche und Messungen an den verschiedenen Anlagen hat sich gezeigt, daß die völlige Abschaltung der Steigteilbelüftung zu einem instabilen Strömungsverhalten führte. Auch eine größere Einblastiefe brachte nicht den gewünschten Erfolg. Stabiles Zirkulationsverhalten wird bei geringer Beibehaltung, ungefähr 10 Prozent, der Außenteilbelüftung in gleicher Tiefe wie im Fallrohr erreicht.

Der Reibungsfaktor spielt eine ganz wesentliche Rolle bei der Zirkulation und ist eine direkte Funktion des Durchmessers. Sie ist hauptsächlich dafür verantwortlich, daß die zugeführte Luftmenge um 10 bis 20 Prozent größer sein muß, als für den biologischen Abbauprozeß theoretisch notwendig ist. Mit ansteigendem Durchmesser sinkt der Einfluß, und die Belüftung des Steigteils kann verringert werden.

Gegenwärtig ist ein Schwerpunkt der weiteren Entwicklungsarbeit auf die verbesserte Lösung des Problemes der Zweistoffströmung gerichtet. Vielleicht ist es wirtschaftlicher, die Zirkulation über einen Propeller im Sinkteil oder eine außenliegende Schnecke zu bewerkstelligen, wobei dann bei verringerter Einblastiefe die teuren Kompressoren durch kostengünstigere Drehkolbengebläse eintauschbar sind. Außerdem erweist sich dies bei vorkommenden Detergenzien als sehr vorteilhaft, da bekanntlich Schaum besonders scheranfällig ist und dieser daher kein Problem mehr bei der Behandlung darstellt. Unter Umständen müssen der Schacht im oberen Teil und das Zentralrohr im unteren Teil erweitert werden — was technisch keine Schwierigkeiten darstellt —, um ein verbessertes Wasser-Luft-Strömungsverhalten zu erzielen.

Die Tiefstrombelüftungsanlage in Rowno arbeitet nach völlig anderen Prinzipien, die auch die Drehkolbengebläse überflüssig machen, die genaue Arbeitsparameterabstimmung ist jedoch noch nicht abgeschlossen. Allgemein sind Prozeßmodelle in England, USA und Japan vorhanden, jedoch nicht in jedem Fall voll aussagefähig.

Als besonders schwierig für die mathematische Modellierung erweist sich die Darstellung der gegenseitigen Beeinflussung von Schachtdurchmesser und spezifischer Reibung. Dies wiederum wird durch den Blasenanteil und Blasendurchmesser in Abhängigkeit vom zunehmenden hydrostatischen Druck bei abfallendem bzw. bei abnehmendem hydrostatischem Druck bei aufsteigender Bewegung beeinflußt, was jedoch noch zusätzlich durch die jeweilige Geschwindigkeit des 2-Phasen-Gemisches beeinflußt wird. Dieser Komplex ist aber für das natürliche Zirkulationsverhalten entscheidend. In der Zwischenzeit wurde in Laborversuchen in Rowno nachgewiesen, daß bei dieser Art der Belüftung die Größe der Austrittsöffnung für die Luftblase und das Strömungsverhalten keine Rolle spielen. Die einzelne Luftblase wird entsprechend der kritischen *Weber*zahl nach dem Austritt aus dem Belüfter zerstört, und alle Luftblasen bilden in ihrer Gesamtheit eine inhomogene Wirbelschicht. Aus dieser heraus mischen sich gleichmäßig geformte Luftblasen mit dem abwärtsströmenden Wasser. Durch den ansteigenden hydrostatischen Druck werden sie ständig verkleinert, bis sie vollkommen gelöst sind. Bei dieser Betrachtung ist die Feststoffkonzentration völlig außer

acht gelassen worden, die bei Konzentrationen von mehr als 5 g/l sicherlich auch einen Einfluß ausübt.
Diese kurze Darstellung mag genügen, um darauf hinzuweisen, wie schwierig die mathematische Modellierung ist.

Schlammeigenschaften — Abbauleistung

Die Eigenschaften des Schlamms aus der Tiefstrombelüftungsanlage zeigen allgemein ähnliche Charakteristiken, wie sie aus der Sauerstoffzufuhr bekannt sind. Messungen am Tiefschacht in Emlichheim ergaben beispielsweise im unteren Teil (80 bis 90 m Tiefe) einen Sauerstoffgehalt von 20 bis 30 mg/l — wahrscheinlich werden durch den oszillierenden Druck und die damit gesteigerte Schlammaktivität sowie die Oxydation von organischen Feststoffen 35 bis 50 Prozent des organischen Kohlenstoffs abgebaut.
In der Literatur wird in diesem Zusammenhang oft angeführt, daß die Verminderung des Überschußschlammanfalls um etwa 50 Prozent eine direkte Folgeerscheinung ist. Völlig eindeutig ist dies aber noch nicht geklärt, und an den verschiedenen Tiefstrombelüftungsanlagen tritt dies auch recht unterschiedlich auf. Sollte sich dies bestätigen, dann ist ein entscheidender Faktor für die beschleunigte Einführung des Verfahrens gegeben, da der Schlammanfall weltweit zum Problem wird. Der Schlammindex bewegt sich zwischen 50 und 100 l/kg, was ein verbessertes Absetzverhalten zur Folge hat. Dabei muß allerdings beachtet werden, daß der Rücklaufschlamm im wesentlichen aus Flotationsschlamm besteht. Auf Grund der hohen Belebtschlammkonzentrationen (> 3 g/l) ist es notwendig, die Nachklärung reichlich zu bemessen und der Rücklaufschlammführung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Der Schlamm zeigt auf Grund seines Mineralisierungsgrades sehr gute Absetzeigenschaften. Der Zusatz von Flockungsmitteln verstärkt diesen Vorgang, besonders bei der Anwendung von $Al_2(SO_4)_3$ und $FeCl_3$. Die genaue Dosis läßt sich allerdings bisher nur probenmäßig für die jeweilige Anlage gesondert festlegen.
Die Fähigkeit des Belebtschlamms, während der Zirkulationsbewegung in relativ kurzer Zeit den großen Druckunterschied ohne Leistungsminderung zu überstehen, ist gegenwärtig noch wenig erforscht. Die Schlammbelastung, allgemein als begrenzender Faktor der Reinigungsleistung angesehen, wird mit 0,3 bis 1,0 kg BSB_5/kg T_S · d und einer Raumbelastung von 5 bis 13 kg BSB_5/m^3 · d für die Praxisanwendung angegeben. Das vorhandene Sauerstoffangebot ermöglicht es, die Schlammkonzentration ohne größere Probleme auf 6 bis 8 g/l zu steigern. Außerdem besteht der Belebtschlamm, wie bereits erwähnt, aus kleinen hochaktiven Flocken. So ist zu erklären, daß Belastungsschwankungen problemlos verarbeitet werden können. An den betriebenen Anlagen ist zu beobachten, daß sich bereits nach fünf bis sieben Tagen Anfahrzeit die volle Abbauleistung einstellt. Aus der Literatur sind Belastungsschwankungen in einer Anlage von 280 bis 4 000 mg/l BSB_5 und CSB von 200 bis 900 mg/l bekannt, ohne wesentliche Veränderung der Ablaufqualitäten. Hohe Schlamm- und Raumbelastung garantiert diese elastische Pufferwirkung. Bei mittleren Aufenthaltszeiten von 70 bis 120 min wird der BSB_5 um 85 bis 95 Prozent und der CSB um 70 bis 80 abgebaut.
Das Tiefstrombelüftungssystem schafft ein natürliches Flotationsverhalten des Belebtschlammes und macht es für die Anwendung bei ölhaltigen Abwässern besonders attraktiv.

Sauerstoffausnutzung

Nach *Hunken* hängt die Größe des Sauerstoffbedarfs des Belebtschlammes von der Art und Menge der Mikroorganismen, von ihren Umweltbedingungen und von der Art der mit den Abwasserschutzstoffen zugeführten Nahrung ab. Wenn sich bisher das Sauerstoffdargebot oft als begrenzender Faktor erwies, so ist dies beim Tiefstrombelüftungsverfahren erstmalig nicht der Fall. Als der größte Vorteil dieses Verfahrens ist zweifelsohne der hohe Sauerstoffausnutzungsgrad von über 60 Prozent aus der zugeführten Luft anzusehen. Begründet ist dies in der weitgehenden Lösung der Luftblasen während der Zirkulationsbewegung, verbunden mit gravierender Steigerung des Umgebungsdrucks.
Als verstärkende Faktoren erweisen sich weiterhin die um den Faktor 15 bis 20 größere *Reynolds*zahl, verglichen mit üblichen Belüftungsbecken. Außerdem ist die spezifische Zahl der Blasen sehr hoch, die Kontaktzeit steigt mit der Belebtschlammflocke auf über 3 min an. Während der Zirkulation kommt es auf Grund des Druckwechsels zu keiner Verschmelzung der Luftblasen, erst im Entgasungsbecken. Im Ergebnis dieser Vorteile können spezifische Sauerstoffeintragswerte von bis zu 3 kg O_2/m^3 · h erzielt werden. Diese Werte werden von keinem anderen Belüftungsverfahren bei wirtschaftlichem Energieeinsatz auch nur annähernd erreicht. Der Sauerstoffertragswert steigt unter optimalen Bedingungen bis auf 6 kg O_2/kWh an. Wie es sich in der Praxis jedoch gezeigt hat, sind diese beiden optimalen Werte nicht im Dauerbetrieb zu erreichen. Unter den gegebenen Möglichkeiten sind Sauerstoffertragswerte von maximal 3 bis 4 kg O_2/kWh im Dauerbetrieb möglich.

Nitrifikation

Der Stickstoff, besonders der Ammoniumstickstoff, nimmt im Hinblick auf die Gewässergüte im Vorfluter eine besondere Stelle ein. So gewinnt die Charakterisierung des Nitrifikationsverhaltens der Behandlungsverfahren zunehmende Bedeutung. Bei einem *p*H-Wert von 5 bis 7,8 und einer Temperatur, die ungefähr um 1 bis 2 Prozent höher liegt als die der Umgebungsluft, erreicht der Schlamm nur ein Alter von drei bis acht Tagen. Dies reicht nicht aus, um entsprechende Bedingungen für das Wachstum der Nitrifikationsbakterien zu schaffen.
Die Veränderung der Prozeßgestaltung im Tiefschacht führt eventuell zu anderen positiveren Ergebnissen, doch sind genaue Vorstellungen über Art und Weise bisher nicht veröffentlicht worden. Erste Versuchsergebnisse der Anlage Rowno deuten positive Resultate des Nitrifikationsablaufs an. Genauere Aussagen werden erst nach weiteren Versuchsreihen möglich sein. Bestätigt hat sich bis zum gegenwärtigen Versuchsstadium, daß sich die vorgenommene Änderung des Zirkulationsprinzips im Tiefschacht keinesfalls negativ ausgewirkt hat.

Zusammenfassung

Wie die Praxisanwendung gezeigt hat, kommt bei Tiefstrombelüftungsanlagen der technologischen Gestaltung eine wesentliche Bedeutung zu. Dies beginnt bereits mit der Frage der Anordnung einer Vorklärung oder mit der sofortigen Einleitung des Abwassers in den Tiefschacht. Eine Vorklärung ist besonders in solchen Fällen anzuordnen, wo Giftstöße nicht auszuschließen sind und die Vorklärung gleichzeitig als Puffer dient. Der so verdünnte Giftstoß wird allgemein gut verarbeitet, und selbst bei Havarien hat der Belebtschlamm seine ursprüngliche Aktivität nach vier bis sieben Tagen erneut erreicht, und die Ablaufqualität entspricht den Vorgaben. Allgemein setzt sich jedoch die Klärtechnologie ohne Vorklärbecken durch. Somit wird die Kompaktierung der Tiefstrombelüftungsanlagen weiter vorangetrieben. Der Schacht besitzt keinerlei bewegliche Teile und einen relativ großen freien Strömungsdurchmesser, das begründet einen äußerst robusten Betrieb. Beispielsweise wurde in Emlichheim im Zeitraum von zehn Wochen Kartoffelwaschwasser direkt eingeleitet. Dabei passierten rund 500 t und Sand die Anlage, ohne irgendwelche Absetzerscheinungen. Die Wiederinbetriebnahme von Tiefstrombelüftungsbecken nach zwei bis drei Wochen Stillstand gestaltete sich völlig problemlos. Oft wird der Nachklärung noch ein Flotationsbecken vorgeschaltet, um die Nachklärung ungestört vollziehen zu können. Die Gestaltung des Nachklärbeckens und der Rücklaufschlammführung ist für die Effektivität des Verfahrens von entscheidender Bedeutung. Es erscheint ratsam, die Nachklärbecken etwas reichlich zu bemessen (Aufenthaltszeiten $> 1{,}2$ h). Der Rücklaufschlamm muß kontinuierlich aus der Absetz- und Flotationszone übergepumpt werden. Vielleicht bringt die Anwendung der Röhrensedimentation in der Nachklärung einen wesentlichen Fortschritt. Bisher liegen noch keine Veröffentlichungen über derartige Versuche vor.
Eine etwas umstrittene Größe ist der Überschußschlammanfall. So zeigen die Ergebnisse auf einigen Kläranlagen einen um über 50 Prozent verringerten Anfall im Vergleich mit konventionellen Klärtechnologien. Weitere Praxiserfahrungen werden in nächster Zeit schon genauere Aussagen darüber zulassen.
Über die Errichtungskosten sind keine verbindlichen Aussagen veröffentlicht. Allgemein wird von ähnlichem Kostenaufwand gesprochen wie für gleich große konventionelle Kläranlagen. Wichtig ist zu wissen, daß die gesamte Kläranlage weniger als 50 Prozent Platz braucht als die bisherigen Kläranlagen. Dies ist bei den territorialen Gegebenheiten in den Industriestaaten der Erde von großer Bedeutung bei der Entscheidungsfindung über die Errichtung einer Kläranlage.
Von seiner Grundkonzeption her ist das Tiefstrombelüftungsverfahren recht beein-

druckend. Wo es die geologischen Bedingungen gestatten, die Schächte kostengünstig niederzubringen, steht ihm eine große Zukunft bevor, auch wenn gegenwärtig noch nicht alle Fragen restlos geklärt sind, wie z. B. Baukostensenkung, geringe Bau- und Betriebserfahrungen, nicht voll ausgereifte Verfahrenstechnik, nicht komplett aussagefähige Bemessungsgrundlagen, patentrechtliche Schutzbestimmungen. Als verstärkende Faktoren der Anwendung sind die sich zuspitzende Energiesituation und die Verknappung geeigneter Plätze für die Kläranlagen anzusehen.

Folgende Literatur wurde verwandt:

— *Staab, V. F.:* Belebungsverfahren bei Betriebsdrücken zw. 1 . . . 5 bar
Wasserwirtschaft 60 (1978) 6, S. 173—179
— *Hicks, R.:* Process Inst. Sew. Purif. 1938 (2) 39
— *Hemming, M. L.; Qusby, Y. C.; Plowright, D. R.:* "Depp-shaft Latest Position"
Water Pollution Controll 1977, S. 441—451
— *Seyfried, C. F.:* Biologische Abwasserreinigung nach dem ICI-Tiefschachtverfahren, Erfahrungen auf der Kläranlage Emlichheim
Institut für Siedlungswasserwirtschaft Hannover 1978 Bd. 25, S. 535—544
— *Hines; Baily; Roesler:* Int. Chemical Eng. Symposium Series Nr. 41 1977 D1—D10
— *Kubota; Hosono; Fujie:* Charakteristic Evalutions of ICI Air Lift Typ Deep Shaft Aerator Journal of Chemical Engineering of Japan Nr. 4 1978, S. 319—325
— Use of the Deep Shaft Process in Uprating and Extending Water Pollution Controll 1980, S. 70—86
— Anwendung der Sauerstoffbegasung bei Belebungsverfahren, Dritter Arbeitsbericht des ATV-Fachausschusses Korrespondens Abwasser 1975, S. 278—291
— *Ousby; Walker; Jones:* Digging Deep to Treat Domestic Sewage Process Engineering 1977 Sept., S. 81—84
— *Bolton; Ousby:* The Deep Shaft Effluent Treatment Process and its Potential for arge Sewage Works
Proghos Water Technologie vol. 8, 1977, S. 265—273
— *Brignal; Cox:* The Deep Shaft Method of Sewage Treatment, La Tribune. du CEBEDEAU Octobre 1979 Nr. 431, S. 383—395
— *Dunlop:* Charakteristics of Sludge from the Deep Shaft Process Information Imperial Chemical Industries Limited (ICI)
Agricultural Division, Billingham—England New Process Waste Water Treat and Recovering 1978, S. 177—220
— *Petersohn:* Kläranlage Leer mit Tiefschachtverfahren, Wasser und Boden 1980, S. 203—207
— *Hunken, K.-H.:* Untersuchungen über den Reinigungsverlauf und Sauerstoffverbrauch bei der Abwasserreinigung durch Belebungsverfahren Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft 4/1960
— Genügend Eiweiß aus Methanol
Neues Deutschland 10./11. Januar 1981
— *de Waart:* Recende Anaerobe en Aerobe Waterzuiveringstechniken, Voedingsmiddelentechnologie 1980, S. 17—21
— Worldbeating Effluent Treatment Innovation is Ignored in Britain, The Engineer, April 1975, S. 46—47
— *Vigreux; Caillol:* Une nouvelle technique pour l'epuration . . . Industries Alimentaires et Agricoles 1979, S. 385—386

Ergebnisse von Schwebstoffmessungen in der Wasserwirtschaftsdirektion Obere Elbe – Neiße

Dr.-Ing. Dieter FÜGNER, KDT
Beitrag aus der Wasserwirtschaftsdirektion Obere Elbe–Neiße

Die Notwendigkeit, Feststoffuntersuchungen vorzunehmen, wurde in allen wasserintensivnutzenden Ländern der Welt erkannt. Die schädigenden Auswirkungen an wasserwirtschaftlichen Anlagen, die durch Unkenntnis des Feststoffregimes entstehen, bilden dabei die ökonomischen Bedingungen zur Erforschung dieser Problematik. In einer Studie über die Ökonomie von Feststoffuntersuchungen wurden in /1/ die Mängelerscheinungen an wasserwirtschaftlichen und anderen Objekten in Verbindung mit den Erosions-, Transport- und Akkumulationsprozessen der Feststoffe für das Gebiet der DDR analysiert und dem Aufwand gegenübergestellt, der bei der Gewinnung zuverlässiger Kennwerte über den Feststofftransport entsteht.

Der ökonomische Nutzen ergibt sich einmal unmittelbar für das Gewässer bzw. das Flußgebiet, vor allem aber für die Wassernutzer aller Volkswirtschaftszweige.

Gute Kenntnisse der Feststofführung in der DDR werden im Zusammenhang mit der Forschung nach Einhaltung des optimalen Wirtschaftlichkeitsprinzips, nach rationellstem Einsatz der Mittel für Investitionen und nach hoher Rentabilität der wasserwirtschaftlichen Grundfonds unentbehrlich.

Gerade in einem so dichtbesiedelten, hochindustrialisierten Gebiet wie der DDR wirken sich wasserwirtschaftliche Eingriffe in die Natur besonders empfindlich aus. Die geringe Anzahl von Speichermöglichkeiten erfordert besonders intensive Ausnutzung aller Stauräume und läßt keine Verluste durch Verlagerung zu. Falsche Querschnittsbemessungen und Sohlengefälle der Flüsse führen zu erhöhter Erosion und Akkumulation, zu Beschädigungen der Ufer- und Sohlenbefestigungen. Die landwirtschaftliche Nutzfläche ist vor Tiefen- und Flächenerosion zu schützen.

Durch den steigenden Trinkwasserbedarf wächst der Anteil des Oberflächenwassers an der Trinkwasserversorgung. Die Beschaffenheit des Oberflächenwassers bestimmt die Aufbereitungskosten. Die Industrie stellt technologisch bedingt immer höhere Anforderungen an die Güte des Produktionswassers. Andererseits werden die Gewässer durch Abwassereinleitungen verstärkt mit Feststoffen belastet.

Das Zusammenwirken verschiedener Geofaktoren auf den Feststoffhaushalt der Landschaft bedingt die Einflußnahme verschiedener Wirtschaftszweige. Die verantwortungsbewußte Planung von den Charakter der Landschaft verändernden technischen Maßnahmen verlangt rationelle, landschaftsgemäße Flächennutzung ohne Störung des Landschaftshaushalts. Die Land- und Forstwirtschaft wirkt durch die den Standortbedingungen und den landeskulturellen Erfordernissen entsprechenden Wald-Feld-Verteilung, die Nutzungsart und die Bewirtschaftung des Bodens auf den Schutz des Bodens vor Wind- und Wassererosion.

Die Organe der Wasserwirtschaft sind für die planmäßige Gestaltung und Pflege der Gewässer und ihrer Ufer verantwortlich. Ziel dabei ist, die landeskulturellen Eigenschaften zu erhalten und ihre zweckentsprechende Nutzung zu gewährleisten.

Die Erkenntnis,

— daß die Feststofführung eine unmittelbare Begleiterscheinung des natürlichen Durchflusses in den Wasserläufen darstellt,
— daß die Ursachen in der natürlichen Erosion und der beschleunigten Erosion durch menschliche Eingriffe liegen,
— daß der Transport und die Sedimentation die Gestaltung und Veränderung der Flußläufe bestimmen,
— daß der wirksame Schutz der bestehenden hydrotechnischen Bauwerke notwendig ist,

sowie Rentabilitätsuntersuchungen bei der Planung und Projektierung aller wasserwirtschaftlichen Maßnahmen führten vor etwa 100 Jahren zu einem Aufschwung in der Feststofforschung, begünstigt durch die sprunghafte Entwicklung der Hydromechanik. /2/ Maßgeblichen Anteil daran haben die Alpenländer, USA und Ungarn. Im Rahmen des RGW wird gezielt an der Methodik der Feststoffmessungen und an der Erforschung der Deformationen der Flußbetten und des Feststoffregimes gearbeitet. Innerhalb der IAHS (International Association of Hydrological Sciences) koordiniert und forciert die ICCE (International Commission on Continental Erosion) die Forschungen zu dieser Problematik.

Das Symposium der ICCE vom 20. bis 23. Juli 1982 in Exeter (England) stand unter dem Thema „Entwicklungsstand zur Analyse und Vorhersage von Erosion und Sedimentabtrag" und bot Vorträge zur Genetik und Kontrolle von Erosionsprozessen, Sedimentlieferungs- und Sedimentabtragsprozessen; zur Vorhersage und Modellierung der Erosionsprozesse und des Sedimentabtrages mittels empirischer und mathematischer Modelle sowie zum Einfluß physikalischer Prozesse auf die Sedimentart, die Verbindung zwischen Erosion und Transportprozessen und den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Sedimente.

Die bisher in der DDR geleisteten Arbeiten über die Feststoffproblematik hatten nur sporadischen Charakter. *Tille* /3/ führte im Einzugsgebiet der Unstrut Sinkstoffmessungen durch, um Aussagen über den zukünftigen Einfluß eines zu errichtenden Systems von Hochwasserrückhaltebecken treffen zu können. In Oder und Müggelspree wurde von *Rüdiger* Geschiebe gemessen. *Raddmann* erarbeitete über die Feststofführung in Flachlandflüssen eine Studie. Die Forschungsanstalt für Schiffahrt, Wasser- und Grundbau Berlin führte umfangreiche Modellversuche mit beweglicher Sohle durch.

1971 wurde eine von einer Arbeitsgruppe des IfW Berlin erarbeitete Richtlinie für Feststoffmessungen für das Territorium der DDR verabschiedet.

1972 wurde eine von der Oberflußmeisterei Dresden in Auftrag gegebene Dissertation zum Thema „Die Schwebstofführung der Nebenflüsse der Elbe im Sächsischen Bergland" /4/ abgeschlossen. Darin wurden die Wasserbeschaffenheitsmeßstellen der Oberflußmeisterei Dresden auf Eignung und Repräsentanz zu Aussagen der Schwebstofführung untersucht, drei Schwebstoffbasisstationen eingerichtet und ausgewertet sowie erste regionale Verallgemeinerungen für die mittlere Schwebstofführung getroffen. Außerdem konnten daraus Schlußfolgerungen zum Aufbau und Betrieb eines Schwebstoffmeßnetzes in der WWD gezogen werden.

Bei der Untersuchung der Feststoffproblematik wird gegenwärtig nur die Schwebstoffkomponente betrachtet. Das liegt einmal begründet im hohen Anteil des Schwebstoffes von 90 bis 98 Prozent an der Feststofffracht fließender Gewässer, hat aber auch seine Ursache in der meßtechnischen Kompliziertheit der Erfassung von repräsentativen Geschiebeproben in Mittelgebirgsflüssen.

Mit Wirkung vom 1. November 1967 wurden drei Schwebstoffbasisstationen an hydrologischen Basispegeln I. Ordnung eingerichtet und beobachtet. Es sind dies SP Neundorf/Gottleuba, SP Elbersdorf/Wesenitz und SP Merzdorf/Döllnitz. Alle drei Flüsse sind typische Vertreter von Hauptlandschaftstypen. Mit diesen Meßstellen wurden für den weiteren Aufbau des Meßnetzes Erfahrungen gesammelt. Fragen des Standortes, der Netzdichte, des Entnahmerhythmus, der Entnahmeart und der Entnahmestellen konnten überwiegend geklärt werden.

Seit dem 1. November 1976 arbeitet das Schwebstoffmeßnetz mit folgenden festgelegten 14 Schwebstoffbasisstationen (Tafel 1).

Tafel 1

Verzeichnis der Schwebstoffbasisstationen des Schwebstoffmeßnetzes der WWD Obere Elbe—Neiße
Stand: 1. 11. 1982

Lfd. Nr.	Schwebstoff-basisstationen	Gewässer	Einzugs-gebiets-größe F_E (km²)	langj. *MQ* (m³/s)	Grenz-wasser-stand (cm)	Bemerkungen
1	Neundorf	Gottleuba	133	1,60	50	Osterzgebirge
2	Elbersdorf	Wesenitz	227	2,12	50	Lausitzer Bergland
3	Merzdorf	Döllnitz	210	0,90	70	mittelsächsisches Lößgebiet Oschatzer Hügelland
4	Schadewitz	Kleine Elster	637	2,22	100	Lausitzer Becken- und Heideland
5	Löben	Schwarze Elster	4327	24,10	120*	Annaburger Heide
6	Rauschenbach 2	Rauschenfluß	7	0,18	60	Repräsentativgebiet/Oberes Erzgebirge
7	Zöblitz	Schwarze Pockau	129	2,30	60	westliches hohes Erzgebirge
8	Schönheide	Zwickauer Mulde	149	2,67	50	OP TS Eibenstock
9	Bautzen	Spree	276	2,36	100	OP TS Bautzen/Lausitzer Bergland
10	Cottbus	Spree	2269,4	19,20	170	oh. Spreewald
11	Lübben	Spree	4604	26,10	320	Spreewald
12	Jänkendorf	Schwarzer Schöps	125	0,77	60	OP TS Quitzdorf/Lausitzer Gefilde
13	Seifhennersdorf	Mandau	75	0,85	40	Ostlausitzer Bergland
14	Tauchritz	Pließnitz	168	1,29	60	Ostlausitzer Vorbergzone

Die Grundsätze zur Einrichtung, Instandhaltung und Überwachung von Schwebstoffbasisstationen der Wasserwirtschaftsmethodik und zur Primärstatistik sind in einer „Vorschrift zur Bestimmung der Schwebstofführung von Flüssen an Schwebstoffbasisstationen, zum Meßgerät, zur Meßdirektion Obere Elbe—Neiße" zusammengefaßt.

Gegenüber den gewässerkundlichen Vorschriften Nr. 2 und 4 sind besonders zu beachten:

- Das Schwebstoffmeßprofil soll in einer geradlinigen, gleichförmigen Flußstrecke liegen, die mit dem Hochwasserstromstrich gleichgerichtet ist und sich hinsichtlich der Sedimentbewegung im Gleichgewicht befindet.
- Das Schwebstoffmeßprofil soll stets mit einem Durchflußmeßprofil übereinstimmen, wobei die Festlegung für die Wahl und Einrichtung von Durchflußmeßstellen ihre Gültigkeit auf die Meßprofile für die Sedimentbewegung überträgt.
- Die Verteilung des Schwebstoffgehalts sowie der Geschwindigkeit im Profil soll bei unterschiedlicher Wasserführung ähnlich sein. Der Anteil strömungsloser Profilzonen muß gering sein oder völlig fehlen.
- Verkrautungseinflüsse sowie ungünstige Einwirkungen von Eiserscheinungen sind zu vermeiden bzw. zu beseitigen.
- Das Einrichten von Schwebstoffbasisstationen unterhalb von großen Nutzern ist bei der Ermittlung des natürlichen Feststoffhaushaltes zu vermeiden.
- Als Schwebstoffmeßgeräte werden zur Entnahme der Wasserproben Oberflächenschöpfgeräte oder das sowjetische Meßgerät GR 17 von 1 l Inhalt, an der Stange oder am Seil geführt, eingesetzt.

Man unterscheidet Einzel- oder Vollmessungen. Bei Einzelmessungen erfolgt die Entnahme der Wasserprobe in einer Meßlotrechten in Gewässermitte bzw. im Stromstrich. Mit den Einzelmessungen sind hydrologische Pegelbeobachter beauftragt. Fachkräfte der Wasserwirtschaftsdirektion legen die Meßlotrechten und die Grenzwasserstände fest. Die Einzelmessungen erfolgen oberhalb des Grenzwasserstandes mindestens einmal täglich, unterhalb des Grenzwasserstandes alle zehn Tage. Bei Durchgang von Hochwasserwellen sind die Beobachter gehalten, den Entnahmeabstand zu verkürzen. Die Wasserproben werden sorgfältig aus dem Schöpfgefäß in numerierte 1-l-Sammelflaschen umgefüllt. Dabei darf kein Bodensatz im Entnahmegerät zurückbleiben. Die Sammelflaschen werden in festgelegten Wochenabständen durch hydrologische Mitarbeiter abgeholt und zur Ermittlung der Schwebstoffbelastung den Laboren übergeben. Jährlich führen hydrologische Fachkräfte eine Vollmessung je Schwebstoffbasisstation durch. Gemessen wird nach einem Punktverfahren der Richtlinie für Feststoffmessungen mittels Meßgerät GR 17. Ein Ergebnis ist der Korrekturfaktor

$$\varphi = \frac{\text{Vollmessung}}{\text{Einzelmessung}}$$

Danach errechnet sich die Schwebstofführung zu $Q_s = \varphi \cdot B_s \cdot Q$ in (g/s) bzw. (kg/s).

Wie in /6/ mitgeteilt, erwies sich als geeignete Regressionsgleichung zwischen Durchfluß und Schwebstofführung $Q_s = a \cdot Q^b$. Für jede Schwebstoffbasisstation werden über EDVA die jährlichen Parameter *a*, *b* und die Korrelationskoeffizienten *r* aus den Ergebnissen der um den Faktor φ korrigierten Einzelmessungen berechnet (Tafel 2).

Von 82 Regressionen der 14 Schwebstoffbasisstationen liegen 60 Korrelationskoeffi-

Tafel 2
Zusammenstellung der mittleren Korrelationskoeffizienten, Gütekriterien und Regressionsparameter *a*, *b*

	$\bar{r}$	$\overline{gK}$	*a*	*b*
Neundorf	0,89	0,85	6,8 — 11,9	1,45—2,2
Elbersdorf	0,86	0,81	6,1 — 11,8	1,49—2,8
Merzdorf	0,82	0,77	19,9 — 35,0	2,18—2,4
Schadewitz	0,62	0,42	9,4 — 45,9	0,45—1,46
Löben	0,58	0,47	1,6 — 0,80	0,18—1,8
Rauschenbach 2	0,83	0,80	2,3 — 75,9	0,89—2,0
Zöblitz	0,63	0,44	6,2 — 10,7	1,06—1,46
Schönheide	0,66	0,6	28,6 — 37,7	1,08—1,33
Bautzen	0,84	0,74	1,35— 1,99	2,33—3,14
Cottbus	0,2—0,3	0,2—0,3	7,6 —653	0,09—1,15
Lübben	0,4—0,5	0,2—0,5	0,23—770·10⁴	0,14—3,80
Jänkendorf	0,87	0,81	11,3 — 20,6	1,34—1,88
Seifhennersdorf	0,90	0,86	9,7 — 15,1	1,63—1,77
Tauchritz	0,93	0,90	11,4 — 20,5	1,95—2,40

zienten höher als 0,70, davon 19 über 0,90. Für neun Regressionsgeraden beträgt die Korrelation weniger als 0,5. Bei einem Signifikanzniveau $\alpha = 0{,}05$ werden vier Korrelationskoeffizienten durch den T-Test abgelehnt. Als quantitatives Maß wurde das Gütekriterium gK nach /5/ angewandt und $gK > 0{,}9$ als sehr gut, 0,70 bis 0,9 als gut, 0,5 bis 0,69 als befriedigend sowie $< 0{,}5$ als gering eingeschätzt. Danach können die Schwebstoffbasisstationen Neundorf/Gottleuba, Elbersdorf/Wesenitz, Merzdorf/Döllnitz, Jänkendorf/Schwarzer Schöps, Seifhennersdorf/Mandau, Tauchritz/Pließnitz, Bautzen/Spree und Rauschenbach 2/Rauschenfluß in den guten bis sehr guten Gütebereich eingeordnet werden. Die langsamfließenden Flachlandflüsse mit den Stationen Cottbus und Lübben/Spree, Löben/Schwarze Elster und Schadewitz/Kleine Elster zeigen in den Regressionen der Einzeljahre nur geringen korrelativen Zusammenhang, was unter anderem in den geringen Durchflußschwankungen der Einzeljahre begründet liegt. Faßt man die Werte mehrerer Jahre zu einer Regressionsgleichung zusammen, erweiterte sich der Durchflußbereich, und bei Löben und Schadewitz verbesserten sich die Korrelationskoeffizienten.

Für die Stationen mit großem Beharrungsvermögen des Exponenten b und geringer Streuungsbreite des Koeffizienten a ergaben sich für die Jahre 1977/80 mittlere Exponenten:

Bautzen/2,65; Merzdorf/2,33; Tauchritz/2,17; Elbersdorf/2,10; Seifhennersdorf/1,71; Neundorf/1,70; Jänkendorf/1,65; Schönheide/1,22; Zöblitz/1,21. In Bild 1 sind alle Regressionsgeraden für die 14 Schwebstoffbasisstationen dargestellt. Die geringen korrelativen Zusammenhänge von Durchfluß und Schwebstofführung in der unteren Schwarzen Elster und der Spree unterhalb der Talsperre Spremberg erfordern intensive Untersuchungen zur Feststoffproblematik unter Einbeziehung weiterer Variabler. Gegenwärtig lassen sich aus den Ergebnissen der Einzelmessungen nur Größenordnungen ableiten.

Cottbus/Spree:

1977	10 g/s —	420 g/s
1978	50 g/s —	600 g/s
1979	17 g/s —	1 230 g/s
1980	110 g/s —	660 g/s

Lübben/Spree:

1977	35 g/s —	240 g/s
1978	150 g/s —	600 g/s
1979	45 g/s —	1 810 g/s
1980	80 g/s —	1 450 g/s

Nach einem in diesem Jahr fertiggestellten EDV-Programm von BIRR, WWD Obere Elbe—Neiße, kann die Jahresstatistik der Schwebstoffe unmittelbar aus der Wasserstandsstatistik und den Parametern a, b errechnet werden. Damit entfallen mindestens 90 Prozent des manuellen Aufwandes bei der Primärstatistik. Die Ausdrucke sind der übrigen Oberflächenwasserstatistik angepaßt. Sie enthalten Stammdaten, Tageswerte, Monats- und Jahreshauptzahlen des Einzeljahres sowie die Hauptzahlen der langjährigen Reihe. Als Dimension der Schwebstofführung wird g/s oder kg/s verwendet.

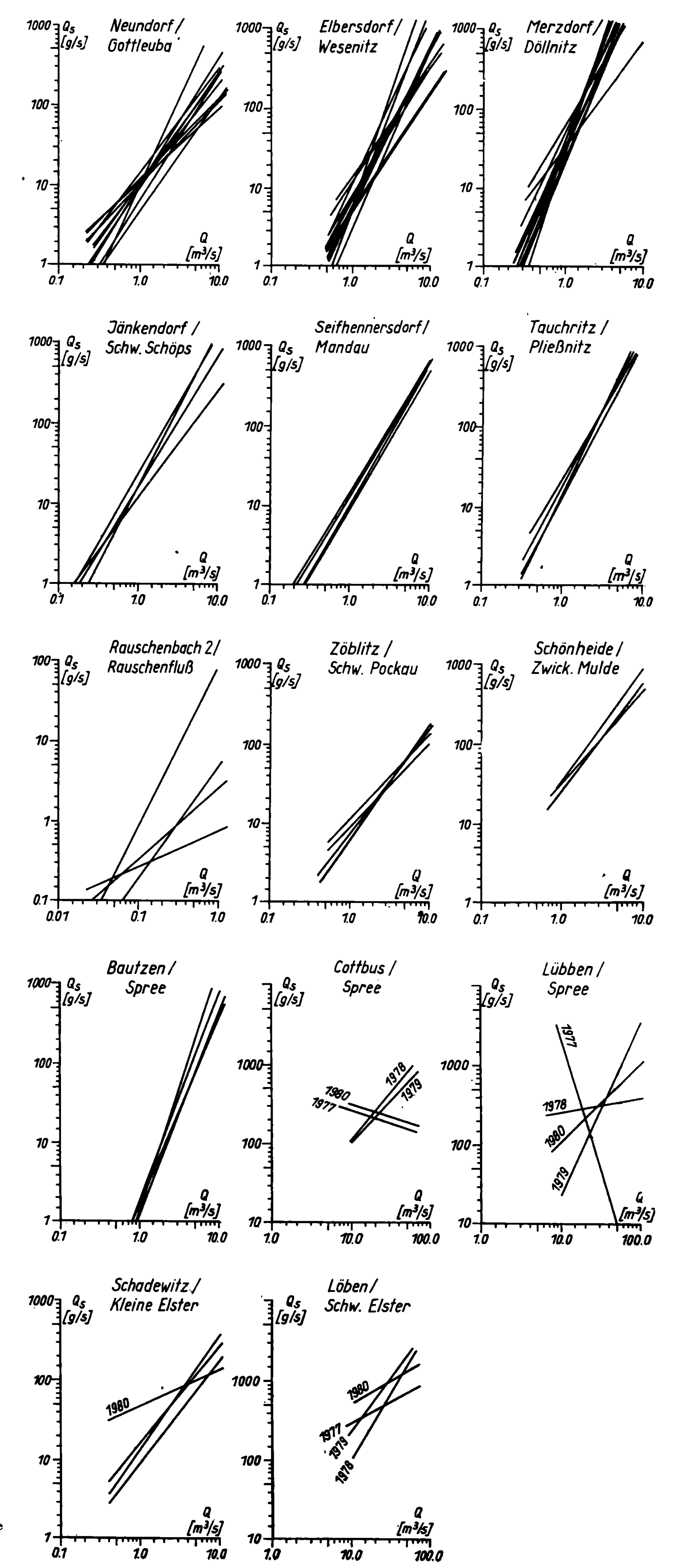
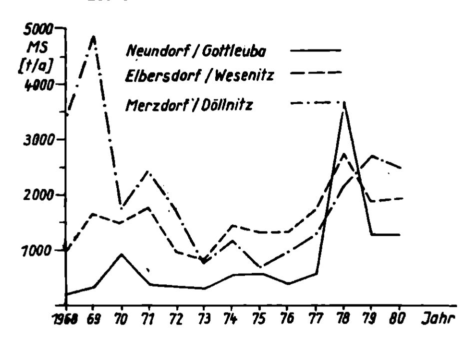


Bild 1 Schwebstoffunktionen $lgQ_s = lga + b \cdot lgQ$ Einzeljahre der Schwebstoffbasisstationen

Tafel 3 Hauptzahlen der Schwebstofführung für die Beobachtungsreihe 1968—1980 in (g/s)

Station	NQ_s	Datum	MNQ_s	MQ_s	MHQ_s	HQ_s	Datum
Neundorf/Gottleuba	0,00	oft	0,642	25,8	2241	24 152	1978
Elbersdorf/Wesenitz	0,63	1979	5,51	48,8	3767	11 484	1979
Merzdorf/Döllnitz [1]	0,487	1974	2,95	64,3	2858	7 266	1979

Bild 2 Schwebstofffrachten der Jahre 1968 bis 1980 der Schwebstoffbasisstationen



Die Schwebstofffrachten der Jahre 1968 bis 1980 sind für drei Schwebstoffbasisstationen in Bild 2 als Ganglinie dargestellt.

Im Jahrbuch der DDR zum Internationalen Hydrologischen Dezennium (IHD) wurden für die Kalenderjahre 1969 bis 1974 die monatlichen und jährlichen Schwebstoffabträge in Tonnen je km² für die Stationen Neundorf/Gottleuba, Elbersdorf/Wesenitz, Merzdorf/Döllnitz veröffentlicht. Die langjährigen Jahreshauptzahlen der Beobachtungsreihe 1968 bis 1980 sind als Tafel 3 zusammengestellt.

Zur genetischen Untersuchung des Schwebstoffregims erfolgt bei Hochwasser die Einzelmessung in kurzen Abständen. Bei einem Hochwasserereignis vom 28. Dezember 1978 bis 9. Januar 1979 am Pegel Rauschenbach 2/Rauschenfluß erhöhte sich der Durchfluß um das Zehnfache bei einer Anstiegszeit von 60 h. Die Schwebstofführung stieg dagegen um das 250fache innerhalb 36 h und war beim Scheiteldurchgang der Hochwasserwelle bereits auf 50 bis 70 Prozent zurückgegangen. Leider liegen derzeit nur vereinzelte Ergebnisse vor, so daß bisher keine Verallgemeinerung möglich ist.

Für die weitere Arbeit auf dem Gebiet der Feststofforschung lassen sich aus den Ergebnissen der 14jährigen Messungen folgende Schlußfolgerungen ziehen und Schwerpunktaufgaben ableiten.

- Die Einrichtung des Schwebstoffmeßnetzes in der WWD Obere Elbe—Neiße hat sich bewährt. Bei sorgsamer Auswahl repräsentativer Meßstellen sind mittlere quantitative Aussagen möglich. Die Umstellung der Primärstatistik auf EDV reduziert den zusätzlichen manuellen Aufwand auf ein Minimum.
- Bei den Schwebstoffmessungen sind verstärkt Vollmessungen durchzuführen, damit die Querschnittsverteilung des Schwebstoffes so exakt als möglich erfaßt und φ genau bestimmt werden kann. So gibt es zur Durchflußabhängigkeit von φ noch keine Ergebnisse.
- Zur Erfassung der Genese des Schwebstoffregimes sind beim Durchgang von Hochwasserwellen Einzelmessungen in kurzen Intervallen vorzunehmen, um die Schwebstoffganglinie in ihrer ganzen Form voll erfassen zu können.
- Es gilt weiterhin, anthropogene Störungen in die Betrachtungen mit einzubeziehen (z. B. erosionsbegünstigende Faktoren, Entzugsstrecken unterhalb von Talsperren und Speichern, Akkumulationsstrecken) und sie zu eliminieren.
- Hinweise auf Feststoffquellen ergeben sich aus qualitativen Untersuchungen des Schwebstoffprobenmaterials. Deshalb sind solche Analysen zusätzlich in das Auswertungsprogramm mit aufzunehmen.
- Für mittlere Schwebstoffkennzahlen an unbeobachteten Fließgewässern wird auf das in /6/ beschriebene regionale Schwebstoffmodell verwiesen. Die Geofaktoren sind kartenmäßig für das gesamte WWD-Gebiet dargestellt, ein Berechnungsformular erleichtert die Anwendung.
- Ein Verfahren zur Berechnung „mittlerer minimaler natürlicher Schwebstoffbelastungen B_s in mg/l" wurde in /7/ am Beispielgebiet des Einzugsgebietes der Elbe von der Staatsgrenze der ČSSR bis einschließlich Dahle beschrieben. Danach kann der Einfluß von Gewässerverunreinigungen durch Nutzer und von wasserbaulichen Maßnahmen eingeschätzt werden und erleichtert die Grenzwertfestlegung.

In /7/ wurden die ökonomische Bedeutung der Feststoffbelastung der Gewässer sowie die Entwicklung wirksamer Maßnahmen des Erosionsschutzes eingehend beschrieben.

Das neue Wassergesetz vom 2. Juli 1982 und das Landeskulturgesetz vom 15. Mai 1970 bilden eine Einheit bei der Festlegung der gesetzlichen Grundlagen zur Erhaltung, Nutzung und zum Schutz des Bodens und der Gewässer in der DDR.

Literatur

/1/ *Rüdiger, A.:* Ökonomische Untersuchungen und Vorschläge zur Aufnahme von Feststoffmessungen, Studie des IfW Berlin 1969

/2/ *Bogardi, J.:* Zeitgemäße Konzeption für die Untersuchung der Feststofführung der Gewässer, ÖWW, 18. Jg. 1966, H. 7/8

/3/ *Tille, W.:* Ergebnisse von Sinkstoffmessungen an thüringischen Fließgewässern, Wiss. Zeitschrift der Fr.-Schiller-Universität Jena, 14. Jg. (1965) Heft 4

/4/ *Fügner, D.:* „Die Schwebstofführung der Nebenflüsse der Elbe im Sächsischen Bergland, Dissertation TU Dresden 1972

/5/ *Dyck, S.:* Angewandte Hydrologie, Teil 1, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1979, 2. Aufl.

/6/ *Fügner, D.:* Zur mathematisch-statistischen Analyse und zur regionalen Verallgemeinerung des Schwebstofftransports fließender Gewässer WWT 30 (1980) 7

/7/ *Fügner, D.:* Anthropogener Einfluß auf die Schwebstofführung fließender Gewässer WWT 25 (1975) 1



Informationen

Neues Gerät zur Kontrolle des ökologischen Zustandes von Flüssen und Seen entwickelt (UdSSR)

Von Spezialisten des Werkes für Elektronenmikroskope in Sumy (Ukrainische SSR) wurde in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern des Forschungsinstitutes für analytische Technik in Tbilissi ein neuer Fotometer entwickelt. Mit seiner Hilfe kann der ökologische Zustand von Flüssen und Seen, denen eine Verschmutzung durch Einleitung von Industrieabwässern droht, kontrolliert werden und rechtzeitig Maßnahmen zu ihrem Schutz eingeleitet werden. Der neue Schnell-Analysator ist sehr empfindlich: Mit ihm können selbst geringste Mikrobeimengungen von Schadstoffen im Wasser festgestellt werden, wobei eine Analyse lediglich drei Minuten in Anspruch nimmt. *WWT*

Spezialschiffe sorgen für Sauberkeit des Schwarzen Meeres (Bulgarien)

Zur Sauberhaltung des Meerwassers stehen gegenwärtig entlang der bulgarischen Schwarzmeerküste 26 Spezialschiffe zur Verfügung. Sie werden vor allem zum Einsammeln von Ölruckständen sowie für deren Bekämpfung mit Hilfe von Chemikalien genutzt. Anfang dieses Jahres war als erstes bulgarisches Schiff zum Einsatz gegen Tanker-Havarien im offenen Meer der 200-Tonner „Russalka" in Dienst gestellt worden. Er kann pro Tag 1 200 Tonnen ausgelaufenes Öl an Bord nehmen und das Wasser so gründlich reinigen, daß der Schmutzanteil unter 15 Milligramm pro Liter sinkt. Bis Jahresende soll in Warna eine Kläranlage mit einer Tageskapazität von 3 000 Tonnen in Betrieb genommen werden. Der 14 000-Tonner „Anton Iwanow" wird als schwimmende Reinigungsstation umgerüstet. Bulgarische und sowjetische Spezialisten haben gemeinsam Chemikalien entwikkelt, mit denen Öltanker vor ihrer Reparatur gereinigt werden können. Erfolgreiche Versuche wurden auch zur Beseitigung von Ölteppichen im Hafengelände und im offenen Meer unternommen. Im Warnaer Institut für Wassertransport entstand eine Anlage, mit der die Stärke von Ölteppichen auf der Wasseroberfläche gemessen werden kann. *ADN*

Nutzung von Uferfiltrat und künstlichem Infiltrat als Wärmequellen für elektrisch angetriebene Kompressionswärmepumpen

Prod. Dr. sc. techn. Ludwig LUCKNER und Dipl.-Ing. Norbert VICTOR, TU Dresden und
Dipl.-Ing. Günter MUELLERBUCHHOF, IEV Dresden

Wärmepumpen sind technische Anlagen, die Wärmeenergie mit einem niedrigen, traditionell nicht nutzbaren Temperaturniveau in Wärmeenergie mit hohem Temperaturniveau, vorzugsweise für Heizungszwecke, wandeln. Mit steigender Zahl der Anwendungsfälle hat sich auch in der DDR die besondere Bedeutung, die dabei den zu nutzenden Wärmequellen für einen effektiven Einsatz von Wärmepumpenanlagen beizumessen ist, herauskristallisiert. Neben der Nutzung von Abwärme aus der Industrie, der Landwirtschaft, Gebäuden und anderem mehr wird heute die Auskühlung natürlicher Wärmeträger immer häufiger betrieben. Die sich regenerierenden natürlichen Wärmequellen gewinnen, abgesehen von den geothermischen, ihre Energie direkt oder indirekt aus Solarenergie. Dies trifft gleichermaßen für die Luft, das Erdreich, die Oberflächengewässer und das Grundwasser zu, die bereits alle in technisch ausgeführten Wärmepumpenanlagen als Wärmequellen genutzt werden. /1, 2, 3, 4/

Der Vorteil einer direkten Nutzung der Umgebungsluft, den Wärmepumpeneinsatz fast völlig standortunabhängig zu machen, wird dadurch gemindert, daß diese Quelle in der Zeit des maximalen Wärmebedarfes im allgemeinen das minimale Temperaturniveau aufweist. Darüber hinaus erschwert meist auch die mögliche Vereisung der Wärmetauscherflächen ihren effektiven Einsatz.

Die Nutzung der von der Sonneneinstrahlung hervorgerufenen Bodenerwärmung erwies sich als technisch schwierig und problemreich, wenn auch die Verwendung des Bodens als Langzeitspeicher und die große Standortunabhängigkeit reizvoll erscheinen. Sie hat sich nicht durchsetzen können.

Die Nutzung und damit Auskühlung der Oberflächengewässer durch Wärmepumpenanlagen wäre bei ihrer weit verbreiteten anthropogen bedingten thermischen Belastung wünschenswert. Der innerjährliche Temperaturgang der Oberflächengewässer mit Minimalwerten in der Zeit des maximalen Wärmebedarfs und die fortgeschrittene mechanische und chemische Verunreinigung erschweren jedoch den direkten Einsatz erheblich.

In allen Fällen, in denen es deshalb die Standortfaktoren ermöglichen, ist heute das saubere, weitestgehend temperaturkonstante Grundwasser neben dem Geothermalwasser die begehrteste natürliche Wärmequelle für Wärmepumpenanlagen. Die unabdingbare Notwendigkeit aber, das Grundwasser als Hauptquelle der Trinkwasserversorgung auch für kommende Generationen zu bewahren (in der DDR erfolgt die Trinkwasserversorgung zu etwa 70 Prozent aus dem Grundwasser), macht seinen besonderen Schutz notwendig. /5/ Dies sollte die Nutzung von Grundwasser für Wärmepumpenanlagen auf Standorte beschränken, an welchen die Grundwasserentnahme aus Grundwasserleitern, die auch perspektivisch nicht für die Trinkwasserversorgung benötigt werden, mit geringem Erschließungsaufwand möglich ist. Derartige, im allgemeinen flachliegende Grundwasserleiter werden meist nur eine geringe Ergiebigkeit und/oder Grundwasser mit schwer zu Trinkwasser aufbereitbarer Beschaffenheit aufweisen. Ihrer breiten Nutzung für Klein-Wärmepumpenanlagen dürfte künftig vielfach nichts im Wege stehen.

Für Groß-Wärmepumpenanlagen dürfte dagegen künftig vor allem die Nutzung von Uferfiltrat und künstlichem Infiltrat als Wärmequelle in Frage kommen. Hierzu wäre die Nutzung nur eines begrenzten Teiles eines Grundwasserleiters erforderlich, der längs verschmutzter Oberflächengewässer heute oft ohnehin bereits kontaminert ist. Das unter solchen Bedingungen gewinnbare Uferfiltrat oder künstliche Infiltrat weist im allgemeinen dennoch solch eine Beschaffenheit auf, die seinen aufbereitungslosen Einsatz in Wärmepumpenanlagen ermöglicht. Bei optimaler technischer Gestaltung und Steuerung der Filtrat-Gewinnungsanlagen ist hierbei oftmals in der winterlichen Heizperiode Infiltrat mit Temperaturen gewinnbar, die sogar noch beträchtlich über denjenigen des natürlichen Grundwassers liegen können.

Einfluß der Temperatur der Wärmequelle

Bild 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau der hier betrachteten Wärmepumpenanlagen. Das Uferfiltrat bzw. künstliche Infiltrat, das nachfolgend stets als „Kaltwasser" bezeichnet werden soll, tritt in den Verdampfer mit der Temperatur t_{KWe} ein. Hier wird es auf die Temperatur t_{KWa} abgekühlt, wobei ihm die zur Verdampfung des in der Wärmepumpe zirkulierenden Kältemittels notwendige Verdampfungswärme entzogen wird.

Als Kältemittel (KM) dienen chemische Verbindungen, wie Ammoniak oder Fluor-Chlor-Derivate der Kohlenwasserstoffe, die in Abhängigkeit des realisierten Druckes in einem bestimmten Temperaturbereich verdampfen bzw. kondensieren. Die Temperatur des Kältemittels bleibt dabei im Verdampfer praktisch konstant.

Die Kälteleistung $\dot{Q}_K$ einer Wärmepumpe ergibt sich somit zu:

$$\dot{Q}_K = \Delta t_{KW} (\varrho \cdot c)_{KW} \dot{V}_{KW} \quad (1)$$

$\dot{Q}_K$ — Kälteleistung der Wärmepumpe

Δt_{KW} — Temperaturdifferenz zwischen der Ein- und Austrittstemperatur des Kaltwassers ($\Delta t_{KW} = t_{KWe} - t_{KWa}$)

t_{KWe}, t_{KWa} — Ein- bzw. Austrittstemperatur des Kaltwassers

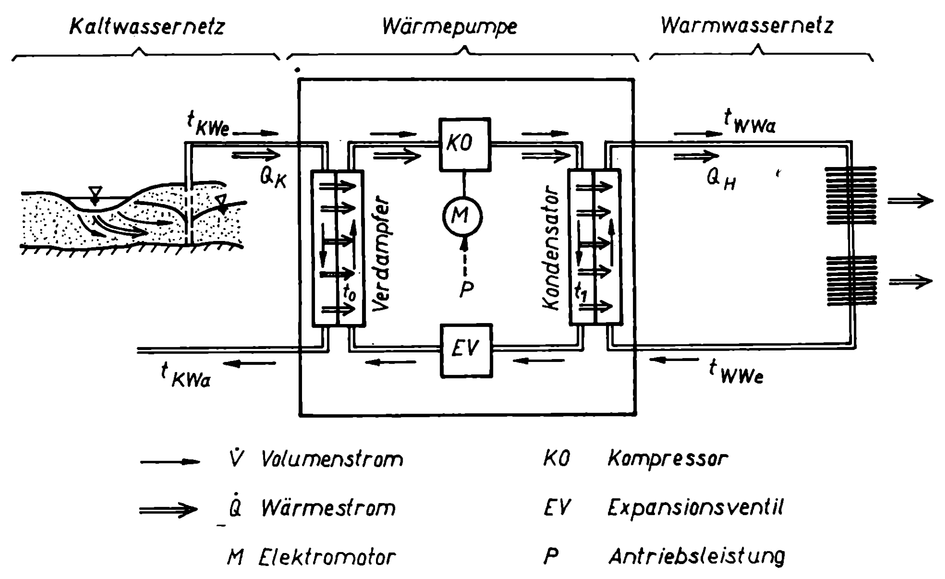


Bild 1 Prinzipdarstellung der betrachteten Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage

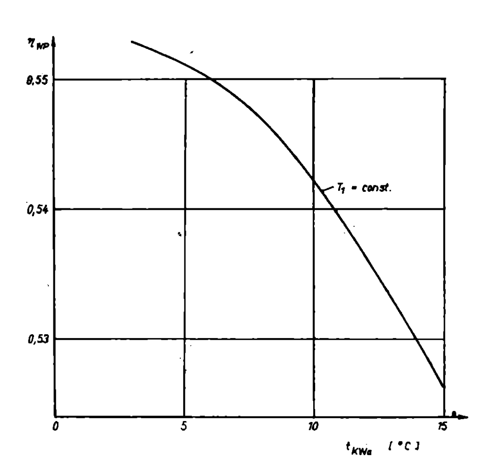
$\dot{V}_{KW}$ — Volumenstrom des Kaltwassers,

Für realisierte Wärmepumpenanlagen kann davon ausgegangen werden, daß die Differenz der Kaltwasseraustritts- und der Verdampfungstemperatur des Kältemittels $t_{KWa} - t_0$ konstant ist, d. h., sie ist unabhängig von t_{KWe}. Sie liegt oftmals in der Größenordnung von 5 K. t_{KWa} bestimmt somit die Größe von t_0. Infolge der Vereisungsgefahr im Verdampfer und beim Rücktransport des Kaltwassers sollte t_{KWa} nicht kleiner als 3 °C werden. Die Verdampfungstemperatur des Kältemittels t_0 muß deshalb größer als –2 °C sein ($t_{KWa} - t_0 = 5$ K). Auf die Kondensationstemperatur t_1 wird das Kältemittel durch Kompression gebracht. Für den betrachteten Fall einer elektrisch angetriebenen Kompressions-Wärmepumpe wird hierzu Elektroenergie benötigt.

Im Kondensator gibt das Kältemittel die Kondensationswärme an das Heizungswasser ab. Die Temperatur des Kältemittels bleibt dabei praktisch konstant. Im Kondensator wird die Heizleistung $\dot{Q}_H$ übertragen. Die Warmwasseraustrittstemperatur t_{WWa} liegt bei realisierten Wärmepumpenanlagen, vergleichbar den Verhältnissen im Verdampfer, um einen konstanten Betrag unter t_1.

Nach seinem Austritt aus dem Kondensator durchströmt das Kältemittel ein Expansionsventil. Anschließend tritt es in den Verdampfer ein, wo sich der Kreislauf schließt.

Die Leistungszahl ε einer Wärmepumpe ergibt sich zu



$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}_H}{P} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_K} = \eta_{WP} \frac{T_1}{T_1 - T_0}. \quad (2)$$

η_{WP} — Prozeßwirkungsgrad der Wärmepumpe

T_1 — Kondensationstemperatur des KM in K

T_0 — Verdampfungstemperatur des KM in K

$T_0 = t_0 + 273$ K

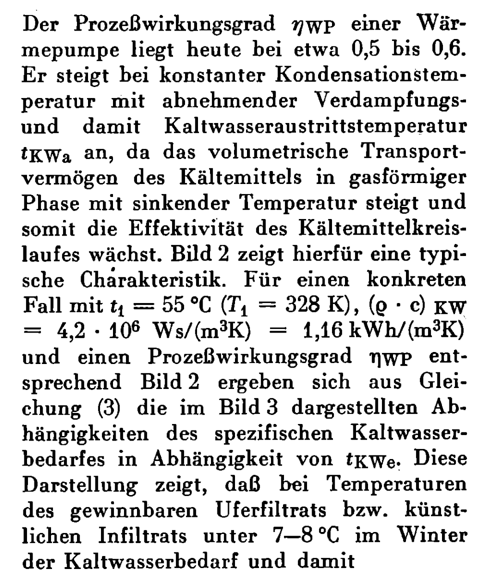
$\dot{Q}_H$ — Heizleistung der Wärmepumpe

$\dot{Q}_K$ — Kälteleistung der Wärmepumpe — s. Gl. (1)

P — benötigte Antriebsleistung der Wärmepumpe.

Aus Gleichung (1) und Gleichung (2) ergibt sich der erforderliche Kaltwasservolumenstrom für $t_{KWa} - t_0 = 5$ K zu:

$$\dot{V}_{KW} = \frac{(\eta_{WP} - 1)\ T_1 + t_{KWa} + 268}{\eta_{WP}\ T_1\ (\varrho \cdot c)_{KW}\ (t_{KWe} - t_{KWa})} \dot{Q}_1. \quad (3)$$



Der Prozeßwirkungsgrad η_{WP} einer Wärmepumpe liegt heute bei etwa 0,5 bis 0,6. Er steigt bei konstanter Kondensationstemperatur mit abnehmender Verdampfungs- und damit Kaltwasseraustrittstemperatur t_{KWa} an, da das volumetrische Transportvermögen des Kältemittels in gasförmiger Phase mit sinkender Temperatur steigt und somit die Effektivität des Kältemittelkreislaufes wächst. Bild 2 zeigt hierfür eine typische Charakteristik. Für einen konkreten Fall mit $t_1 = 55$ °C ($T_1 = 328$ K), $(\varrho \cdot c)_{KW} = 4{,}2 \cdot 10^6$ Ws/(m³K) = 1,16 kWh/(m³K) und einen Prozeßwirkungsgrad η_{WP} entsprechend Bild 2 ergeben sich aus Gleichung (3) die im Bild 3 dargestellten Abhängigkeiten des spezifischen Kaltwasserbedarfes in Abhängigkeit von t_{KWe}. Diese Darstellung zeigt, daß bei Temperaturen des gewinnbaren Uferfiltrats bzw. künstlichen Infiltrats unter 7–8 °C im Winter der Kaltwasserbedarf und damit

- der Brunnenbedarf (einschließlich der technischen Ausrüstung),
- der Bedarf an Transportleistungen und der Aufwand für die Verlegung und
- die Betriebskosten (E-Energie der Pumpen und andere Aufwendungen)

enorm ansteigen würden. Andererseits vergrößert eine Steigerung von t_{KWe} auf Werte über etwa 12 bis 13 °C hinaus den Kaltwasserbedarf und damit die Investitions- und Betriebskosten des Kaltwassernetzes nur noch relativ wenig. Die bislang gewonnenen Erfahrungen haben gezeigt, daß die Kosten für das Kaltwassernetz (Wasserzu- und -ableitungen, Förderbrunnen, gegebenenfalls sogar Schluckbrunnen)

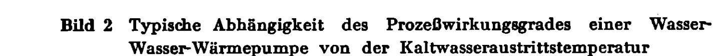
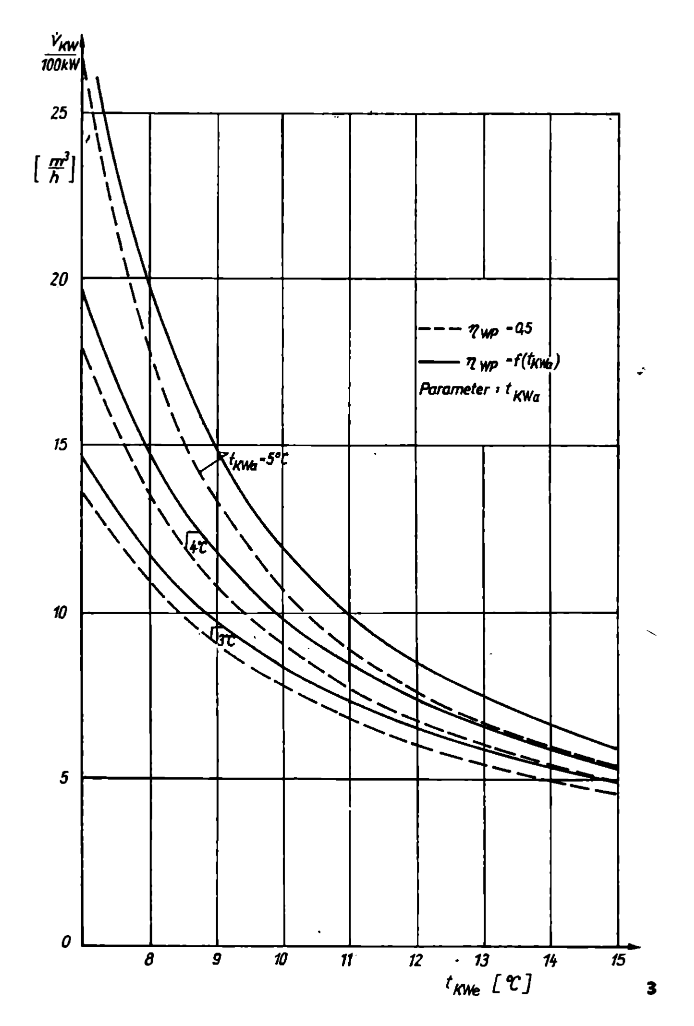
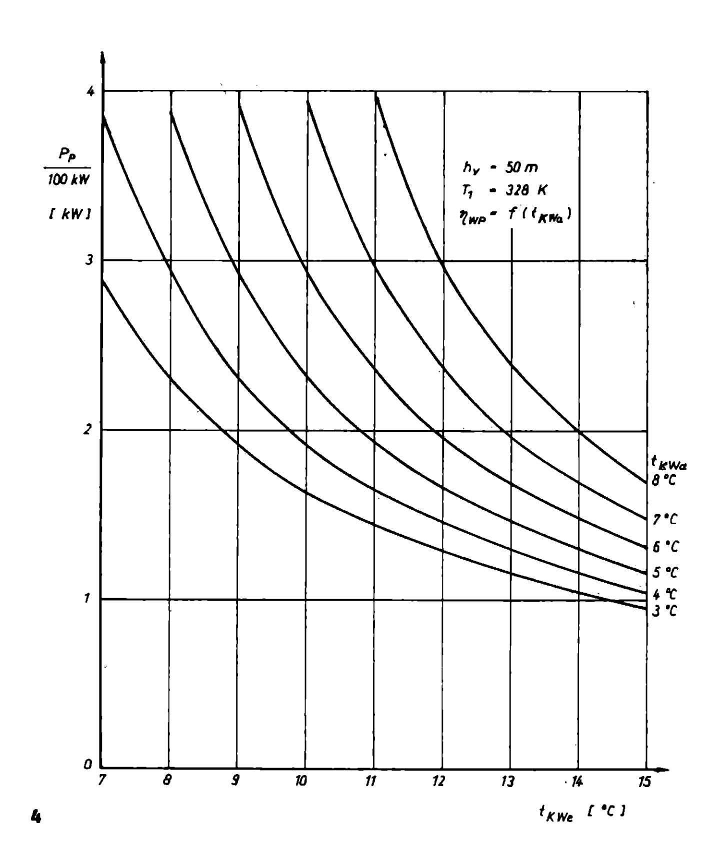


Bild 2 Typische Abhängigkeit des Prozeßwirkungsgrades einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe von der Kaltwasseraustrittstemperatur

Bild 3 Kaltwasserbedarf $\dot{V}_{KW}$ in m³/h je 100 kW Heizleistung in Abhängigkeit von der Kaltwassereintrittstemperatur

Bild 4 Wirkleistungsbedarf der Brunnenwasser-Förderpumpen P_P in kW Heizleistung als Funktion der Kaltwassereintrittstemperatur





die Gesamtkosten von Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen ganz erheblich beeinflussen können.

Zur Abschätzung der optimalen Kaltwasseraustrittstemperatur t_{KWa} genügt die im Bild 3 dargestellte funktionelle Abhängigkeit allein nicht. Sie würde $t_{KWa} = 3\,°C$ als optimal ausweisen. Da aber die volkswirtschaftlich energetische Beurteilung des Einsatzes einer Wärmepumpe stets vom Vergleich des Gesamt-Primärenergieeinsatzes zur erzielten Heizleistung ausgehen muß, gilt es bei den hier betrachteten elektrisch angetriebenen Kompressionswärmepumpen, deren Kaltwasser von elektrisch getriebenen Pumpen gefördert wird, auch den elektrischen Gesamtenergieeinsatz so niedrig als möglich zu halten.

Wie das gewählte Beispiel des Bildes 4 mit einer dynamischen Förderhöhe der Pumpen von $h_V = 50$ m zeigt, bedingen niedrige Kaltwasseraustrittstemperaturen t_{KWa} zwar kleinere spezifische Antriebsleistungen der Förderpumpen (was aus Bild 3 bereits qualitativ ablesbar war), die benötigte spezifische elektrische Antriebsleistung der Wärmepumpe aber erhöht sich bei fallenden t_{KWa} (Bild 5). Aus einer diese Abhängigkeiten zusammenfassenden Darstellung entsprechend Bild 6 lassen sich letztlich für den minimalen Primärenergieeinsatz die zugehörigen Optimalwerte *opt.* t_{KWa} recht gut ablesen. Zusammenfassend läßt sich aus den bisherigen Erläuterungen ableiten, daß sowohl steigende Kaltwasserein- als auch -austrittstemperaturen die Effektivität einer Wärmepumpenanlage steigern. Natürlich ist dies für jede reale Anlage nur in gewissen Grenzen möglich. Für einen R 22-Kaltwassersatz /6/ wurden z. B. folgende Grenzwerte ermittelt:

t_{WWa}	$\dot{Q}_K$	min $\dot{V}_{KW}$	max $\dot{V}_{KW}$	t_{KWa}	t_{KWe}	Δt_{KW}
°C	kW	m³/h	m³/h	°C	°C	K
48	160	—	70	3	5	2
48	230	17	—	15	26	11

Es muß deshalb für den in diesem Beitrag betrachteten Fall das wissenschaftlich-technische Ziel sein, Uferfiltrat- und künstliche Infiltrationsanlagen technisch so zu gestalten und zu steuern, daß sie in der winterlichen Heizperiode die Entnahme von Kaltwasser für Wärmepumpen gestatten, das eine möglichst hohe Temperatur t_{KWe} (wünschenswert und technisch nicht unrealistisch erscheinen Temperaturen von 11 bis 13 °C) aufweist.

Sinnvolle Gestaltung der Infiltrationsanlagen

Die Quelle des Uferfiltrats und des künstlichen Infiltrats ist das Oberflächenwasser. Die Temperatur des Wassers an der Sohle vieler Fließgewässer, Flachseen (≤ 2 m Tiefe) und künstlicher Infiltrationsbecken und -gräben folgt zeitverschoben den Mittelwerten der Lufttemperatur, häufig mit gleichen oder sogar höheren Werten (Strahlungsenergie). Die Zeitverzögerung ist um so kleiner, je geringer die Tiefe des infiltrierenden Wasserkörpers ist. Die maximalen Temperaturen werden vom Strahlungs-Absorptionsvermögen des Wasserkörpers geprägt (Trübung, Farbe der Gewässersohle und anderes mehr).

Bild 7 zeigt ein Beispiel für die Erwartungstemperatur der Elbe in Dresden, die etwa 1 Monat phasenverschoben den Monatsmittelwerten der Lufttemperatur folgt. Erheblich höhere Sommertemperaturen werden jedoch z. B. in flachen Teichen (Karpfenteichen) ermittelt. Die höchsten Temperaturen ließen sich wohl in künstlichen Versickerungsbecken mit schwarzer Sohle, bei wilder Infiltration auf dunklen Böden, der Beregnung leichter dunkler Böden und ähnlichem mehr erzielen, wenn diese Anlagen insbesondere nur am Tage bei hohen Lufttemperaturen und/oder hoher Strahlung betrieben würden.

Tiefe Standgewässer erweisen sich nur dann als geeignete Wärmequellen, wenn das Uferfiltrat nachweislich nur den flachen Uferzonen entstammt. In größeren Tiefen der Standgewässer ist die Sohlwassertemperatur auch im Sommer zu gering.

Dem Grundwasserleiter fällt nun die Aufgabe zu, in der Sommerperiode versickerndes Infiltrat zu speichern und in der Heizperiode wieder abzugeben. Grundwasserleiter sind oft gute Wärmespeicher. Großräumig gesehen ist ihre Isolation hoch, wie dies der außerordentlich geringe Jahrestemperaturgang des echten Grundwassers zeigt. Ursache hierfür ist die im Gegensatz zu den Standgewässern praktisch nicht wirksam werdende Dichteinversion bzw. die fehlende turbulente Durchmischung der Fließgewässer sowie die wärmeisolierende Wirkung der über dem Grundwasserspiegel liegenden Bodenschichten.

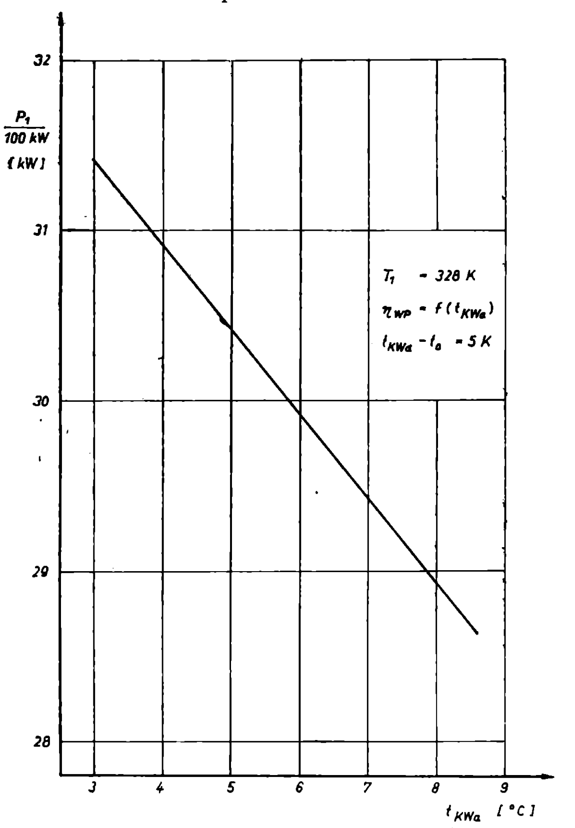
Betriebsweise der Infiltrationsanlagen

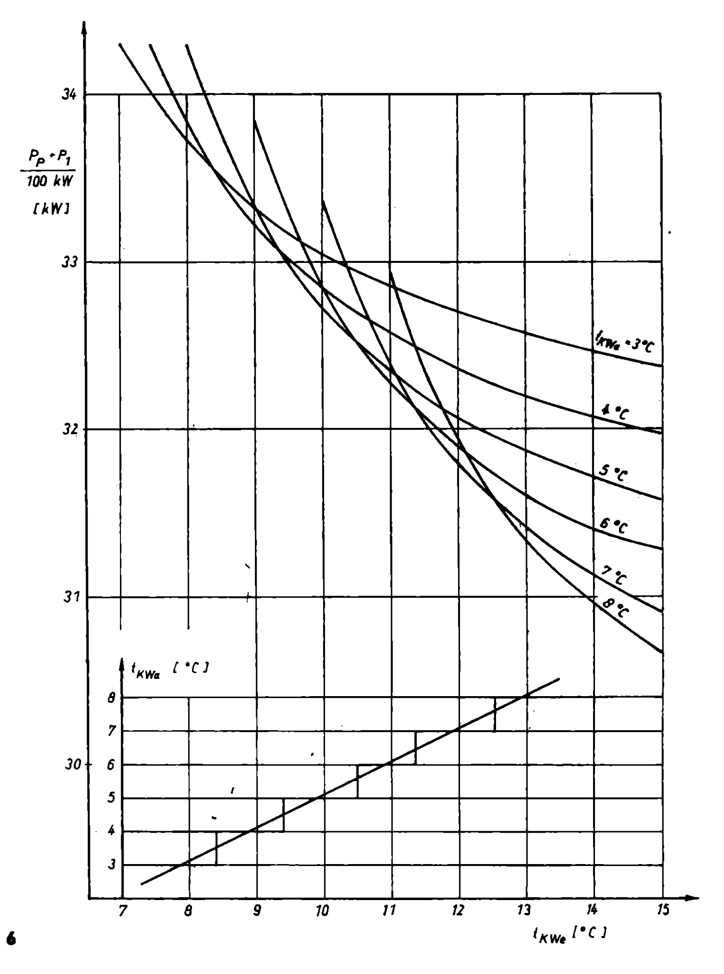
Die Infiltration des Oberflächenwassers verläuft in Abhängigkeit der Füllung des Grundwasserspeichers als freie oder rückgestaute Versickerung.

Bei freier Versickerung wäre die Versicke-

Bild 5 Antriebsleistung der Wärmepumpe in kW je 100 kW Heizleistung in Abhängigkeit von der Kaltwasseraustrittstemperatur

Bild 6 Elektrischer Gesamtenergiebedarf in kW je 100 kW Heizleistung und optimale Kaltwasseraustrittstemperatur in Abhängigkeit von der Kaltwassereintrittstemperatur





rungsleistung allein durch die Versickerungsanlagen steuerbar, d. h., hierbei ließe sich ein intermittierender Versickerungsbetrieb (Nutzung der wärmsten Tage oder Tageszeiten) realisieren; so könnte man in Abhängigkeit der aktuellen Lufttemperaturen z. B. die Versickerungsbecken, die wilden Versickerungsflächen u. a. m. automatisch beschicken. Die Beschaffenheitsverbesserung des Infiltrats bei der Bodenpassage erreicht bei solch intermittierender Betriebsweise optimale Werte (aerober Abbau der Wasserinhaltsstoffe in der lufthaltigen Bodenzone, große Durchmischung).

Während Fließgewässer bei abgerissenem Grundwasserspiegel auch im Winterhalbjahr das dann sehr kalte Oberflächenwasser in den Speicher einspeisen, erscheinen z. B. Karpfenteiche, die nur vom April bzw. Mai bis Oktober bespannt werden, unter freien Versickerungsbedingungen als sehr geeignete Versickerungsanlagen. Diese Teiche könnten notfalls auch in der größten Trokkenheit des Sommerhalbjahres von $\dot{V}_{KW}$ gespeist werden, wenn $\dot{V}_{KW}$ für die Wärmepumpe nicht oder nur teilweise benötigt wird.

Bei rückgestauter Versickerung wird die Infiltration durch die im Grundwasserleiter vorhandenen Gefälleverhältnisse bestimmt. Diese Verhältnisse lassen sich durch eine Regulierung des Wasserstandes des Oberflächengewässers (Randbedingung 1. Art) bzw. das Infiltrationsangebot (Randbedingung 2. Art — z. B. keine Beschickung) und durch die Förderung (Grad der Absenkung) steuern. Bild 9 zeigt einige technisch empfehlenswerte Lösungen.

Bei V1 und V2 wird davon ausgegangen, daß auf das Oberflächengewässer kein steuernder Einfluß genommen werden kann (rückgestaute Infiltration). Bei V1 besteht die Basislösung einfach darin, daß $\dot{V}_{KW}$ über das ganze Jahr hinweg konstant oder in etwa konstant bleibt, wobei das im Sommer für die Wärmepumpe nicht benötigte Wasser als Beregnungswasser, zur Speisung von Bädern u. a. m. benutzt wird. Der Standort der Brunnen ist dann so zu wählen, daß die Aufenthaltszeit des Infiltrats im Untergrund t_A

$$t_A = x_0/u \qquad (4)$$

u — Frontgeschwindigkeit des Wärmetransports

ist. Ist $\dot{V}_{KW} = f(t)$, so muß durch Variantenvergleich solch ein Standort für die Brunnen gefunden werden, der die gewünschte Phasenverschiebung des Temperaturganges von fünf bis sechs Monaten bewirkt.

Sinnvoll erscheint auch die Realisierung einer Doppelfassung (siehe V2). Die Bemessung von x_0 und x_1 ist dann so vorzunehmen, daß spätestens am Ende der Beregnungsperiode die Warmwasserfront bis zu den Beregnungsbrunnen und in der Heizungsperiode kein kaltes Wasser bis zu den Brunnen für die Wärmepumpenanlagen vordringt.

Mit V3 und V4 sollen nun zwei Beispiele gezeigt werden, bei welchen auf das Oberflächenwasserregime unmittelbar Einfluß genommen werden kann. So soll für V3 angenommen werden, daß die Teiche nur in der Sommerperiode gefüllt werden und das Infiltrat den während der Heizperiode gebildeten Grundwassertrichter wieder füllt. Die Variante V4 dürfte eine besonders günstige Möglichkeit darstellen. Hier sind die Anlagen so zu bemessen und zu steuern, daß die Warmwasserfront im Grundwasserleiter des in der Sommerperiode durch geordnete oder wilde Infiltration versikkernden Oberflächenwassers den tiefer gelegenen Vorfluter erreicht. In der winterlichen Heizperiode dürfen dagegen die vom landseitigen Zufluß und vom Oberflächengewässer her ausgehenden Kaltwasserfronten die Entnahmebrunnen nicht erreichen.

Sicherung minimaler Speicherverluste

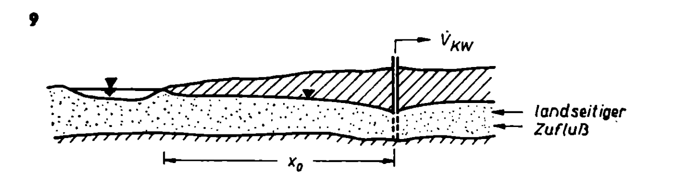
Das Absinken der Temperatur des gespeicherten Wassers im Verlaufe der fünf bis sechs Monate zwischen Infiltration und Entnahme wird vor allem infolge Wärmeleitung durch die Deckschicht des Grundwasserleiters, wobei die Lufttemperatur als Randbedingung 1. Art wirkt und im Winter weit unter 0 °C absinkt, hervorgerufen. Diese Verluste sind deshalb durch eine möglichst mächtige lufthaltige Bodenzone mit möglichst geringem Wassergehalt im Winterhalbjahr minimierbar.

Die geringste Isolationswirkung besitzen gespannte Grundwasserleiter mit geringmächtiger bindiger Deckschicht, die größte dagegen ungespannte Grundwasserleiter bei fehlender Grundwasserneubildung (die Infiltration der Niederschläge oder des Beregnungswassers bestimmen den Feuchtegehalt der Deckschicht). Hohe Durchlässigkeitskoeffizienten bewirken auch bei vorhandener Grundwasserneubildung geringe Sättigung und damit geringe λ_H-Werte. Günstige Beispiele zeigt z. B. Bild 10.

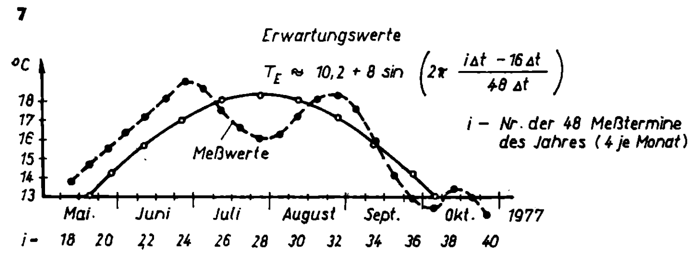


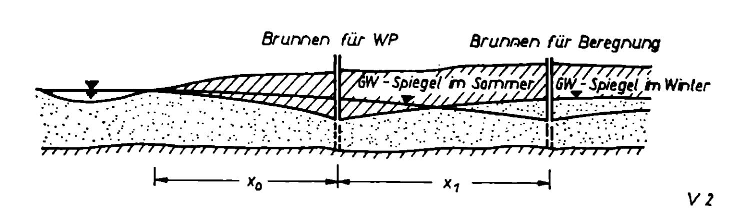
Bild 7 Jahrestemperaturgang der Elbe in Dresden
Bild 8 Der Grundwasserleiter als Wärmespeicher
Bild 9 Empfohlene technische Lösung für Uferfiltrations- und künstliche Infiltrationsanlagen

9

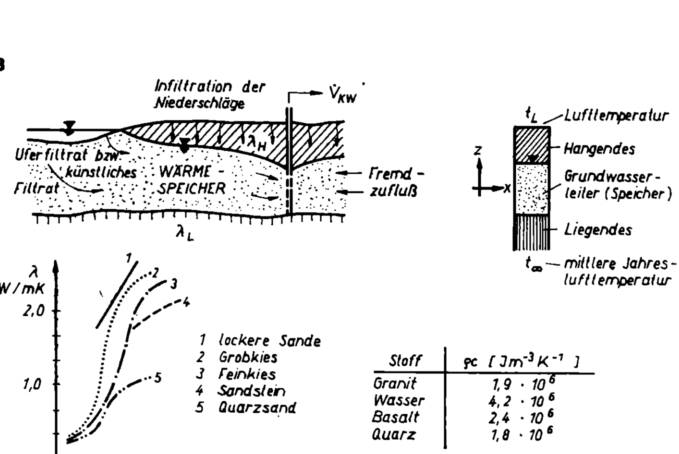


7

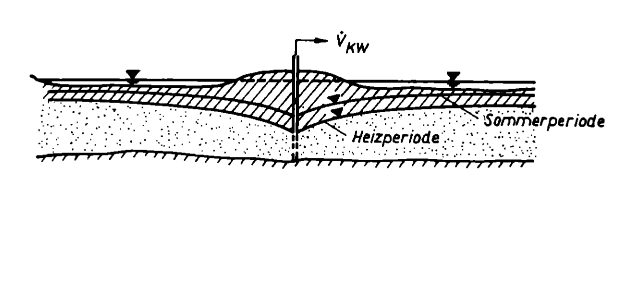


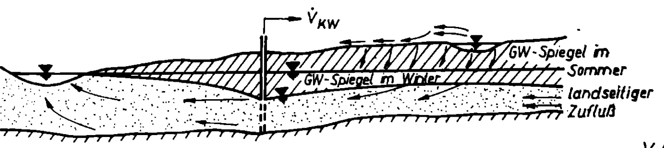


8



Stoff	ρc [J m^{-3} K^{-1}]
Granit	$1{,}9 \cdot 10^6$
Wasser	$4{,}2 \cdot 10^6$
Basalt	$2{,}4 \cdot 10^6$
Quarz	$1{,}8 \cdot 10^6$







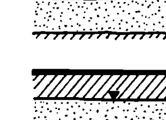


Bild 10
Beispiele für Deckschichten des Grundwasserleiters mit relativ großer Wärmeisolation

Ursache für das Absinken der Temperatur des eingespeicherten Infiltrats im Grundwasserleiter ist auch der Zustrom von kälterem Wasser. Dies erfolgt

- durch das Hangende mit der Grundwasserneubildung (Infiltrat, das die Grundwasseroberfläche erreicht)
- durch das Liegende, wenn unter dem genutzten Grundwasserleiter ein Grundwasserleiter liegt, der den genutzten speist
- durch seitlichen Zufluß.

Die letztgenannte Ursache fordert vor allem möglichst homogene Grundwasserleiter (geringe hydrodynamische Makrodispersion), so daß sich beim Speicherbetrieb möglichst scharfe Warm- und Kaltwasserfronten (nicht zu breite Vermischungszonen) ausbilden und der Durchbruch von Kaltwasser in die Fassung auch durch die sogenannte „Fingerbildung" ausgeschlossen wird.

Bemessung und Steuerung der Infiltrations- und Fassungsanlagen

Die Bemessung und Steuerung optimal gestalteter Infiltrations- und Förderanlagen setzt Migrationsmodelle für den Wärmetransport und -austausch in der Boden- und Grundwasserzone voraus, deren Parameter sich mit vertretbarem Aufwand bestimmen lassen. Der Wärmetranport findet durch

- Wärmeleitung
- Konvektion (Transport mit dem strömenden Boden- und Grundwasser) sowie
- hydrodynamische Dispersion, die stets zusammen mit der Konvektion auftritt,

statt.

Entsprechend dem im Bild 8 dargestellten Schema ergeben sich für einen Grundwasserleiter-Wärmespeicher folgende quantitativ zu erfassenden Hauptwärmetransportprozesse:

Hangendes
- Wärmeleitung in z-Richtung
- Konvektion und hydrodynamische Dispersion mit der Bodenwasserbewegung in z-Richtung

Liegendes
- Wärmeleitung in z-Richtung

Grundwasserleiter (Wärmespeicher)
- Wärmeleitung in x-y- und z-Richtung
- Konvektion in x-y-Richtung
- longitudinale und transversale hydrodynamische Dispersion in x-y-Richtung.

Hierfür werden zweidimensionale Migrationsmodelle für den genutzten Grundwasserleiter unter Berücksichtigung der Wärmeleitung, der Konvektion und der hydrodynamischen Dispersion mit inneren Randbedingungen, die eine Kopplung mit dem Hangenden und Liegenden ermöglichen, benötigt. /7/ Im Liegenden ist die Wärmeleitung durch eine analytische Lösung relativ leicht erfaßbar. Im Hangenden sind gesonderte Untersuchungen erforderlich, aus welchen im allgemeinen vereinfachte Beziehungen abzuleiten sind. Hierzu bedarf es der Anwendung eindimensionaler Wärmetransportmodelle in der Aerationszone. /8/

Überschlägliche Berechnungen lassen sich auch mit Stromröhrenmodellen für den genutzten Grundwasserleiter durchführen. Dieses Näherungsverfahren erscheint uns besonders zweckmäßig, weil die Annahme mittlerer Grundwasserströmungsverhältnisse (eines repräsentativen Isohypsenplanes) zumindest für die Bemessung die wohl sinnvollste Lösung darstellt. /9/ Für die Steuerung selbst empfehlen wir reduzierte Modelle in Form konzeptioneller Blockmodelle, wie sie z. B. in /10/ für ein Beispiel vorgestellt wurden.

Die Nutzung des Stromröhrenverfahrens für die Bemessung von Uferfiltrationsanlagen sei an folgenden zwei Beispielen kurz erläutert. Für die Beheizung eines Wohngebietes an der Elbe wurde der Einsatz von Großwärmepumpen geprüft. Durch Variantenvergleich galt es, solch einen Fassungsstandort der Brunnen zu finden, der die gewünschte Phasenverschiebung von fünf bis sechs Monaten ergibt (siehe Bild 11). Die Anlage arbeitet nach der Variante V1 des Bildes 9. Das geförderte Uferfiltrat dient im Sommer Kühlzwecken eines benachbarten Industriebetriebes und der Gemüseberegnung, so daß praktisch V_{KW} = constant gehalten werden kann. Es galt nun folgende Arbeitsschritte auszuführen:

1. Das Grundwasserströmungsfeld wird unter der Annahme repräsentativer Randbedingungen analog oder digital simuliert. Für die analoge Simulation eignen sich vor allem elektrische Papiermodelle /14/, für die digitale Simulation z. B. das Programmsystem HOREGO. /13/ Für den auf diese Weise ermittelten repräsentativen Strömungszustand lassen sich die Stromlinien mit dem Rechenprogramm STROM mit Hilfe des Mikrorechners K 1002, der KRS 4200/4201 oder ESER-Anlagen ermitteln und, falls gewünscht, an ESER-Anlagen auch zeichnen. /12/ Hierbei wurde eine Vielzahl von Varianten betrachtet, wobei die Lage der Brunnen variiert und die sich ändernde Ausdehnung der Kiesgruben berücksichtigt wurde.

2. Mit Hilfe des Rechenprogramms SIMKA /11/ läßt sich der nichtstationäre Wärmetransport in den einzelnen Stromröhren unter Berücksichtigung der Wärmetransportprozesse in der Aerationszone und im Liegenden (ebenfalls unter Zuhilfenahme vereinfachter Modellansätze) berechnen.

Die Untersuchungen ergaben als beste Lösung einen Abstand der Brunnen von der MW-Uferlinie von etwa 100 m. Der Anteil des Uferfiltrats am geförderten Wasser betrug infolge der hohen Elbbettkolmation nur etwa 43 Prozent, der andere Anteil war landseitiger GW-Zufluß und Uferfiltrat aus der Kiesgrube. Die maximale Temperatur des geförderten Uferfiltrats betrug 13,5 °C. Es ergaben sich letztlich Mischwassertemperaturen von t_{KWe} = 10,5 bis 11 °C im Januar/Februar.

Eine andere Untersuchung befaßte sich mit einer Uferfiltratfassung für eine Wärmepumpenanlage in einem Gebiet mit hydrogeologisch recht ungünstigen Bedingungen (Bild 12). Es handelte sich um ein Tal im Festgesteinsbereich mit einer Breite von 350 bis 400 m. Die Mächtigkeit des Talgrundwasserleiters betrug im Durchschnitt nur 3 m. Der Vorfluter kühlt im Winter sehr stark aus. Es galt jedoch eine Wassertemperatur von mindestens t_{KWe} = 7 °C in den Wintermonaten zu sichern.

Bei der Untersuchung an diesem Beispielobjekt wurden die gleichen Arbeitsschritte wie am vorhergehenden realisiert.

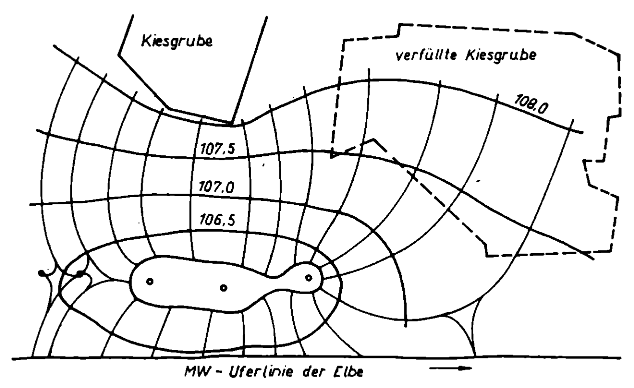


Bild 11 Günstige Variante des sich ausbildenden Grundwasserströmungsfeldes für das Beispielsobjekt 1

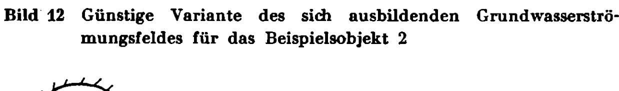
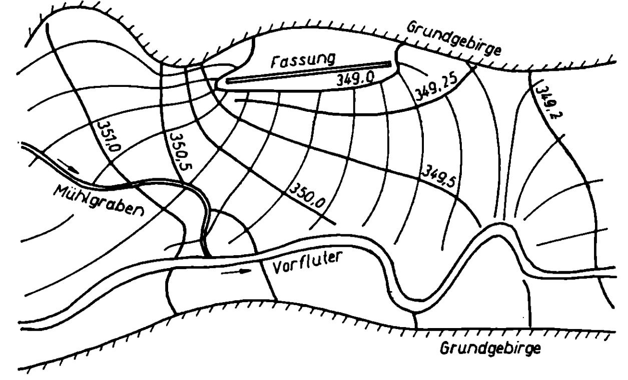


Bild 12 Günstige Variante des sich ausbildenden Grundwasserströmungsfeldes für das Beispielsobjekt 2



Die Ergebnisse zeigten, daß praktisch nur bei Installation einer horizontalen Sickerleitung zur Fassung des Uferfiltrates die geforderten Temperaturen erreicht werden können. Die horizontale Sickerleitung gewährleistet durch eine geringe Uferbelastung die erforderliche Laufzeit des Uferfiltrats von fünf bis sechs Monaten und eine gleichmäßige Anströmung der Fassungsanlage. Sie verhindert bestmöglich Kälteeinbrüche bei der Rohwasserförderung während der extremen Heizperiode. Die Länge der Uferfiltratfassung beträgt 250 m, ihr Abstand zum Vorfluter 250 m.

Diese beiden Beispiele sind für sich genommen sicher noch keine optimalen Lösungen, zeigen aber sehr deutlich, in welchem Grade die Effektivität von Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlagen durch eine sachgerechte konstruktive Gestaltung und Bemessung erhöht werden kann.

Literatur

/1/ *Elsner, H.; Tran Quy Nang:* Wärmepumpen in der Wasserwirtschaft fördern rationelle Energieanwendung
WWT 31 (1981) 3, S. 84—87

/2/ *Plank, J.:* Wärmequellen — Die Anwendbarkeit verschiedener Wärmequellen für den Betrieb von Wärmepumpen — Versuch einer Systematik
Die Kälte (1976) 1, S. 4—8
Die Kälte (1976) 2, S. 44—53
Die Kälte (1976) 3, S. 82—92

/3/ *Häußler, W.:* Die Wärmepumpe wird aktuell
Luft- und Kältetechnik (1976) 1, S. 8—11

/4/ *Heinrich, G.; Najork, H.; Nestler, W.:* Wärmepumpen für Industrie, Landwirtschaft und Gesellschaftsbau
Berlin: VEB Verlag Technik (1978) 202 S., 148 Abb., 26 Tab., 110 Lit.

/5/ *Luckner, L.; Tiemer, K.; Kaden, St.; Nestler, W.:* Rechnergestützte Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen in der DDR
WWT 29 (1979) 3, S. 82—86

/6/ ILKA-Information 2.4.1.1.
Kaltwassersätze, VEB Maschinenfabrik Halle (Saale)

/7/ *Gutt, B.:* Beitrag zur mathematischen Modellbildung und digitalen Simulation von Wärmetransport-, -austausch- und -umwandlungsprozessen im unterirdischen Wasser
Dissertation (A), TU Dresden, Fak. für Bau-, Wasser- und Forstwesen, 1980

/8/ *Luckner, L.; Nitsche, C.:* Bildung systembeschreibender Modelle der Migrationsprozesse in der Aerationszone und ihrer digitalen Simulation
Geodätische geophys. Veröffentl. R IV, H 26, 1981

/9/ *Luckner, L.:* Migrationsprozesse in der Boden- und Grundwasserzone
WWT 30 (1980) S. 11—13

/10/ *Luckner, L.; Beyer, W.; Schreiber, G.:* Konzeptionelles Blockmodell für die Prognose der Rohwassertemperatur einer Uferfiltrationsanlage
TU Dresden, Wiss. Konf. zur Simulation der Migratio: prozesse im Boden- und Grundwasser, Sammelband 1, 1979, S. 263—276

/11/ *Gutt, B.:* Programm SIMKA-2-D, Programminformation
TU Dresden Preprint Nr. 20-01-81

/12/ *Gutt, B.; Victor, N.:* Programmsystem STREAM, Programminformation
TU Dresden Preprint Nr. 20-02-81

/13/ *Gutt, B.:* Programm HOREGO, Anwenderinstruktion
TU Dresden, Sektion Wasserwesen 1979

/14/ *Luckner, L.; Schestakow, W. M.:* Simulation der Geofiltration, VEB DVG Leipzig, 1975, S. 358

EDV-gestützte Berechnung von Grundwasserabsenkungsanlagen mit dem Programmpaket GRUNDWASSERABSENKUNG — Teil 1 —

Dr.-Ing. Joachim LOEPER und Doz. Dr. sc. techn. Ulrich BEIMS
Beitrag aus der Ingenieurhochschule Cottbus, Sektion Technologie der Bauproduktion, und der Technischen Universität Dresden, Sektion Wasserwesen

Die Grundwasserabsenkung besitzt für die Durchführung von Baumaßnahmen in der DDR eine große Bedeutung. Sie ist jedoch in der Bilanz für die Grundwasserförderung von 1980, die insgesamt mit etwa 3,5 Mrd. m^3 beziffert wird, nicht vollständig enthalten, da in dieser Zahl nur die Tagebauentwässerung mit 1,5 Mrd. m^3 berücksichtigt wurde.
Umfangreiche Recherchen zum Brunnenbau für Grundwasserabsenkungsmaßnahmen im Bauwesen haben ergeben, daß in der DDR für diesen Zweck jährlich etwa 5 000 Brunnen neu hergestellt werden. Das bedeutet, daß unter Zugrundelegung einer mittleren Laufzeit der Absenkungsanlagen von sechs bis acht Monaten und Brunnenförderleistungen von 10 l/s jährlich 1 Mrd. m^3 Grundwasser gefördert werden. Hieraus ergibt sich zwangsläufig, daß die Grundwasserförderung für Absenkungsmaßnahmen im Bauwesen eine Größe ist, die bei der Bilanzierung der unterirdischen Wasserressourcen der DDR nicht vernachlässigt werden darf.
Angesichts dieser Entwicklung gilt es, in der Planung, Projektierung und Ausführung von Grundwasserabsenkungsmaßnahmen äußerste Sorgfalt walten zu lassen, um die Grundwasserleiter in ihrer eigentlichen Bestimmung als Lagerstätten mit dem lebensnotwendigen Versorgungsgut Grundwasser zu schützen. Da andererseits in den kommenden Jahren eine Erhöhung der Produktion im Bauwesen realisiert werden muß, sind die Reserven, die in der Projektierung und Bemessung von Grundwasserabsenkungsanlagen liegen, mit aller Konsequenz auszuschöpfen. Bereits 1971 wurden durch die gemeinsame Forschungsgruppe „Grundwasser" des IfW Berlin und der TU Dresden der Werkstandard WAPRO 1.42. „Bemessungsgrundlagen für Brunnen von Grundwassergewinnungsanlagen" sowie eine dazugehörige Studie vorgelegt. /1/

Die darin enthaltenen geohydraulischen Berechnungen basieren auf dem mathematischen Modell der rotationssymmetrischen Brunnenanströmung unter Ausnutzung der zeitlichen und örtlichen Superposition. Für die geohydraulischen Berechnungen auf EDV-Basis für Großrechner und 1976 die Kleinrechnerversion WAP 1 für den KRS 4200 erarbeitet. /2, 3/ Diese Rechenprogramme haben sehr schnell und in breitem Umfang Eingang in die wasserwirtschaftliche Praxis gefunden. Von Anfang an wurden beide Programme auch für die Berechnung von Grundwasserabsenkungsanlagen genutzt, wobei es jedoch erforderlich war, deren Spezifik zu berücksichtigen.

Bei der Grundwasserabsenkung kommt es darauf an, mit minimalem Aufwand einen sachlich begründeten Absenkungseffekt in einem exakt eingegrenzten Bereich über eine vorgegebene Zeit zu erzeugen. Für die Bemessung der Anlagen gilt, daß in der Regel von vorgegebenen Brunnenstandortmöglichkeiten auszugehen ist, deren genaue Festlegung im Rahmen einer Standortoptimierung zu erfolgen hat. Gleichzeitig ist bei bekanntem Absenkungsbetrag die geringmöglichste Fördermenge pro Brunnen bei der kürzestmöglichen Brunnentiefe zu ermitteln.

Zum Erreichen dieses Zieles bestand nun die Notwendigkeit, auf der Grundlage der Programme BRUBEM und WAP 1 weitere Rechenprogramme zu entwickeln. Das so entstandene Programmpaket „Grundwasserabsenkung" (Bild 1) kann als eine erste Entwicklungsetappe hierzu angesehen werden. Da das Rechenprogramm OPENA 1 in /4/ bereits ausführlich dargestellt wurde, soll nachfolgend der Lösungsweg, der den Rechenprogrammen der WAPRA- und BRUKON-Serie zugrunde liegt, näher erläutert werden.

Geohydraulische Berechnung von Grundwasserabsenkungsbrunnen

Berechnungsgrundlage ist die analytische Lösung für die rotationssymmetrische Brunnenanströmung unter Ausnutzung der zeitlichen und örtlichen Superposition. /1/

$$\Phi_n - \Phi = \frac{1}{4\pi k} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} (Q_{i,j} - Q_{i,j-1})\, \varphi\, \varphi(r, t - t_{j-1}) \quad (1)$$

mit
$\Phi_n - \Phi$ — Potentialdifferenz
k — Durchlässigkeitsbeiwert
Q — Wassermengen
φ — spezifische Potentialdifferenz
r — Zylinderkoordinaten
t — Zeit.

Diese Gleichung kann durch Vorgaben einer Potentialdifferenz $\Phi_n - \Phi$ nicht nach Q umgestellt werden, so daß sie für

$$Q_{ges.,j} = \sum_{i-1}^{n} Q_{i,j} \quad (2)$$

nur iterativ gelöst werden kann.
Zunächst wird bei Vorgabe von Wassermengen $Q_{i,j}$ als Berechnungsergebnis die Absenkung am Punkt k zur Zeit t ermittelt:

$$s_{k,t} = h_n - h_{k,t} \quad (3)$$

mit

$$h_{k,t} = 2\,\Phi_{k,t} \quad (4)$$

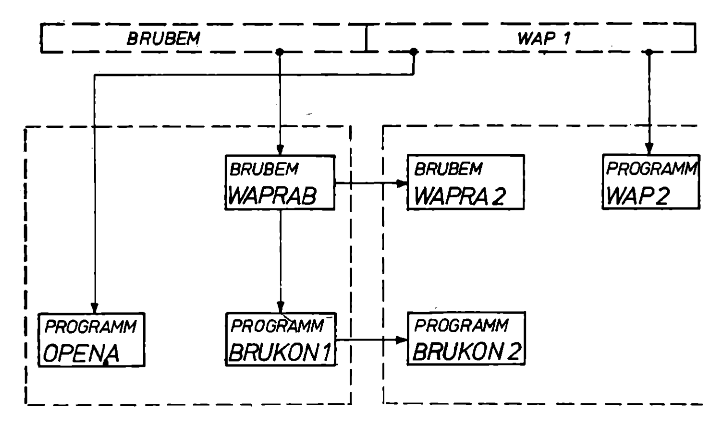
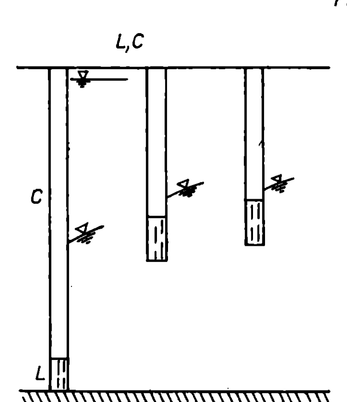
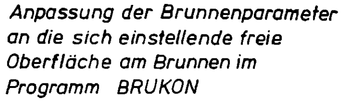


Bild 1 Programmpaket Grundwasserabsenkung





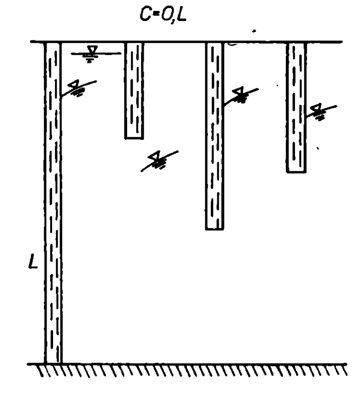


Bild 2 Verhalten der freien Oberfläche am Brunnenrand bei variabler Brunnenkonstruktion

für ungespanntes Grundwasser bzw. aus

$$s_{k,t} = \frac{\Phi_n - \Phi_{k,t}}{M} \tag{5}$$

für gespanntes Grundwasser.

Bei Vorgabe einer Zielabsenkung s_z für den Punkt k zur Zeit t kann eine beliebige Absenkung $s_{k,t}$ mit dieser Zielabsenkung verglichen werden.

Es entsteht ein Differenzfaktor f:

$$f = \frac{s_z - s_{k,t}}{s_{k,t}}. \tag{6}$$

Für das Verhalten der Förderwassermenge ergibt sich analog

$$f^* = \frac{Q_{z(j,i)} - Q_{j,i}}{Q_{j,i}}, \tag{7}$$

wobei $Q_{z(j,i)}$ diejenige Fördermenge im Brunnen i in der Stufe j bezeichnet, bei der die Absenkung s_z am Punkt k zur Zeit t eintritt. Wird nun eine Korrektur der Anfangswassermengen $Q_{j,i}$ über den Faktor f^* vorgenommen, so läßt sich über

$$f^* = \alpha f \tag{8}$$

bei gespannten Strömungsverhältnissen ($\alpha = 1$) direkt und bei ungespannten Strömungsverhältnissen ($\alpha < 1$) iterativ ermitteln.

Die Veränderung der Brunnenfördermengen führt zu geänderten Konstruktionsparametern des Brunnens. Diese üben ihrerseits auf die Absenkung am Brunnen direkten Einfluß aus. An dieser Stelle ergibt sich die Möglichkeit, Länge und Lage des Filter- und Aufsatzrohres zu optimieren. Wie aus der Beziehung

$$\varphi_1 = \varphi_1 \left(\frac{h_n}{l}; \frac{l}{r_0}; \frac{h_n}{r_0}; \frac{c}{h_n - l} \right) \tag{9}$$

ersichtlich wird, hängt die Größe der spezifischen Potentialdifferenz φ_1 und damit auch die Absenkung am Brunnen direkt von der Länge und Anordnung der Filterstrecke gegenüber der durchströmten Mächtigkeit des Grundwasserleiters ab.

Die Berechnung der für die Zielabsenkung notwendigen Wassermengen je Brunnen kann man sich zunächst bei einer vollkommenen Brunnenkonstruktion ($\varphi_1 = 0$) vorstellen. Für die Ermittlung der Wassermenge ist die Brunnenkonstruktion ohne Bedeutung. Nach dem Bestimmen der erforderlichen Wassermenge in allen Stufen ist diejenige Wassermenge auszuwählen, die für jeden einzelnen Brunnen als Konstruktionsgrundlage entscheidend ist. Im einfachsten Fall wird dies die maximale Wassermenge im Brunnen sein. Gleichzeitig ist der an jedem Brunnen auftretende geringste Brunnenwasserstand bei der Bedingung $\varphi_1 = 0$ zu berücksichtigen. Auf der Grundlage der Konstruktionsregeln des WAPRO 1.42/03 kann die für die Förderung der Wassermenge notwendige Filterlänge bestimmt werden:

$$l \geqq \frac{Q}{\pi D a \cdot a \cdot v_{\text{krit.}}}. \tag{10}$$

Hierbei kann der Faktor a für die Eingrenzung des Bereichs der kritischen Geschwindigkeit im Filterkies bei Grundwasserabsenkungen bis zu einem Wert $a = 2$ zugelassen werden.

Das Problem der Optimierung der Brunnenkonstruktion liegt in der höhenmäßigen Fixierung der effektiven Filterstrecke. Aus Gründen der technischen Sicherheit und der Meßgenauigkeit ist die effektive Filteroberkante im Bereich h_{ro} — (0,5 bis 1,0) m anzuordnen. Aus Gleichung (9) ist ersichtlich, daß sich entsprechend der jeweiligen Lage der Filterstrecke eine neue spezifische Potentialdifferenz φ_1 einstellt, die den Wert h_{ro} direkt beeinflußt. So entstehen die Extremwerte

- am vollkommenen Brunnen ($\varphi_1 = 0$)
  - geringe Absenkung am Brunnen
- am unvollkommenen Brunnen ($\varphi_1 \rightarrow$ max.)
  - große Absenkung am Brunnen.

Die Optimierung der Brunnenkonstruktion ist nur durch Annäherung möglich. Aus einer ersten Annahme für die Brunnenkonstruktion wird die spezifische Potentialdifferenz φ_1 ermittelt, aus der sich dann ein neuer Wert h_{ro} ergibt, der für die Veränderung der Lage des Filters herangezogen wird. So entsteht stets aus dem φ_1 des vorigen Schrittes ein neues h_{ro}. Auf dieser Grundlage wird eine iterative Lösung möglich, die bis zum Erreichen einer von praktisch verwendbaren Rohrschußlängen diktierten Abbruchgenauigkeit geführt wird.

Für die Brunnenkonstruktionstypen mit $C > 0$ (Vollrohrausbau oberhalb der Filterstrecke) und $C = 0$ (Filterstrecke mindestens bis zum Erreichen des unbeeinflußten Grundwasserstandes durchgeführt) existieren folgende Lösungen:

— $C > 0$:

1. Schritt $\varphi_{1(1)} = \max; C_{(1)} \rightarrow \max; h_{r0(1)} \rightarrow \min$
2. Schritt $\varphi_{1(2)} = \varphi_1(h_{r0(1)}); \; C_{(2)} < C_{(1)}; \; h_{r0(2)} > h_{r0(1)}$
3. Schritt $\varphi_{1(3)} = \varphi_1(h_{r0(2)}); \; C_{(3)} < C_{(2)}; \; h_{r0(3)} > h_{r0(2)}$

bis zum Erreichen der Abbruchgenauigkeit.

— $C = 0$:

1. Schritt $\varphi_{1(1)} = 0; \; h_{r0(1)} \rightarrow \max$
2. Schritt $\varphi_{1(2)} = \varphi_1(h_{r0(1)}); \; h_{r0(2)} \rightarrow \min$
3. Schritt $\varphi_{1(3)} = \varphi_1(h_{r0(2)}); \; h_{r0(1)} > h_{r0(3)} > h_{r0\,2)}$

bis zum Erreichen der Abbruchgenauigkeit. Die auf diesem Wege ermittelten Brunnenkonstruktionen sind die für das jeweilige Problem kürzestmöglichen. Damit wird den Forderungen nach wirtschaftlichem Materialeinsatz und optimaler Auslastung der Bohrkapazitäten bei gleichzeitig gezielter Gestaltung der freien Oberfläche im Bereich des Absenkziels voll entsprochen.

Konzeption des Programmpaketes GRUNDWASSERABSENKUNG

Das Programmpaket ist in erster Linie für den Einsatz in der Projektierung von Grundwasserabsenkungen bestimmt. Dabei sollte es von jedem Projektanten nach entsprechender Anleitung anzuwenden sein. Jedes der Programme kann einzeln genutzt werden, wobei jeweilige Aufgabenstellung und Brunnenanzahl wesentliche Kriterien für die Auswahl des zu verwendenden Programms sein dürften. Optimal sind sicherlich Kombinationen, beispielsweise von OPENA 1 mit BRUKON 2, mit denen die Leistungsfähigkeit der Programme voll ausgeschöpft werden kann.

Während sich die Programmreihe WAPRAB-WAPRA 2-WAP 2 und das Programm OPENA 1 auf die Ermittlung der für die Zielabsenkung erforderlichen Brunnenfördermengen orientiert, übernehmen die Programme BRUKON 1 und BRUKON 2 zusätzlich die Optimierung der Brunnenkonstruktionen nach dem dargestellten Lösungsschema. Bei der Programmerarbeitung wurde davon ausgegangen, daß

Programm-name	Phasen-größe DOS 1.72	CPU-Zeit mittlere Variante	EDVA	Standort eingerichteter Bibliotheken	Rechtsträger
WAP 2	5 kWORT (KRS)	5...40′	KRS 4200	ORZ SBKW Weimar RZ IH Cottbus ORZ WAB Ffo.	IH Cottbus
WAPRA 2	22 kBytes	80″	ES 1020 ES 1022 ES 1040	DVZ Cottbus DVZ Neubrand. ZOD Bauw. Bln.	IH Cottbus
WAPRAB	121 kBytes	400″	ES 1022 ES 1022 ES 1040	DVZ Cottbus DVZ Neubrand. ZOD Bauw. Bln.	PROWA Halle
BRUKON 2	27 kBytes	90″	ES 1020 ES 1022 ES 1040	DVZ Cottbus DVZ Neubrand. ZOD Bauw. Bln.	IH Cottbus
BRUKON 1	134 kBytes	700″	ES 1022 ES 1040	DVZ Cottbus ZOD Bauw. Bln.	IH Cottbus
OPENA 1	120 kBytes	100″	ES 1022	RZ TUD	VTK Dresden

Tafel 1
Übersicht über die Programme des Programmpaketes Grundwasserabsenkung

die Ermittlung der Wassermenge und der Konstruktion für unterschiedliche Förderstufen realisierbar sein muß. Das deshalb, um Veränderungen des Förderregimes vor allem nach Erreichen des Absenkzieles zu erfassen. Die Programmierung erfolgte grundsätzlich in der problemorientierten Programmiersprache FORTRAN. Dabei ist es möglich, die Programme sowohl auf ESER-Rechnern als auch auf Rechnern des Systems KRS 4200/4201 abzuarbeiten.

EDV-technische Realisierung des Programmpaketes GRUNDWASSERABSENKUNG

Die Rechenprogramme des Programmpakets bestimmen die Absenkungen im Strömungsfeld auf der Basis der Eingabe geohydraulischer, technischer und geometrischer Parameter. Neben den Standrohrwasserspiegelhöhen an Brunnen und Berechnungspunkten werden zu jeder Berechnungszeit auch die ermittelte bzw. korrigierte Wassermenge für jeden Brunnen ausgewiesen. Die Programme der BRUKON-Reihe listen zusätzlich die Längen der Filter und Aufsatzrohrstrecken bei gegebenem Brunnenradius auf und weisen die Maximalwerte für Wassermenge und Absenkung in jedem Brunnen aus.

FORTRAN-Programm WAP 2

Dieses Programm ist für das Kleinrechnersystem KRS 4200 bestimmt. Es realisiert die geohydraulische Berechnung von Grundwasserabsenkungsanlagen auf der Grundlage von maximal zwei vorzugebenden Zielabsenkungen zu zwei verschiedenen Berechnungszeiten. Die Brunnenkonstruktion ist dabei vorzugeben. Eine Differenzierung der Förderwassermengen untereinander ist möglich und wirkt sich proportional auf die Neuberechnung der Pumpwassermengen aus. Maximal sind 20 Berechnungspunkte, 15 Brunnen und eine Schicht berechenbar.

FORTRAN-Programm WAPRA 2

Dieses Programm ist vom Umfang her wesentlich leistungsfähiger und zeichnet sich durch äußerst geringe Laufzeiten im ESER-Betrieb aus. Es ist für das Betriebssystem FOBS auf Kleinrechenanlagen KRS 4200 ebenfalls geeignet. Maximal können 50 Berechnungspunkte, davon bis zu 40 Brunnen in fünf Pumpstufen, abgearbeitet werden.

FORTRAN-Komplexprogramm BRUBEM, SUBROUTINE WAPRAB

Bei der SUBROUTINE WAPRAB handelt es sich um eine modifizierte Version der *SUBROUTINE WAPRO,* in die der Vergleichs- und Korrekturalgorithmus für die Förderwassermenge eingearbeitet wurde. Strukturbedingt ist das Programm BRUBEM mit der SUBROUTINE WAPRAB sehr hauptspeicherintensiv, dafür jedoch in bezug auf randbedingungsgeometrische Probleme universell verwendbar. Der Aufruf der entsprechenden Randbedingungslösung erfolgt über die Dateneingabe. Mit diesem Programm können bis zu 200 Berechnungspunkte mit 75 Brunnen berechnet werden. Vier Strömungstypen, neun Schichten und 20 verschiedene Pumpstufen können realisiert werden. Die Anwendung dieses Programms sollte auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben, in denen sehr große Anlagen mit kompliziertem Pumpeneinsatzplan den hohen Speicheraufwand rechtfertigen.

FORTRAN-Programm BRUKON 2

Das Programm BRUKON 2 ist eine aufgerüstete Variante des Programms WAPRA 2 zur Optimierung der Brunnenkonstruktion. In diesem Programm entfällt die Eingabe der Filterlänge und des C-Wertes. Nach Ermittlung der erforderlichen Brunnenfördermengen legt das Programm die kürzestmögliche Filterlänge selbst fest, der C-Wert wird dabei gleich Null gesetzt. BRUKON 2 ist auch für das Betriebssystem FOBS am KRS 4201 geeignet.

FORTRAN-Komplexprogramm BRUKON 1

Entsprechend der Aufgabenstellung wurde dieses Programm zu großen Teilen neu erarbeitet. Ähnlich WAPRAB hat auch BRUKON 1 einen großen Speicherplatzbedarf und ist entsprechend leistungsfähig. BRUKON 1 führt für maximal 75 Brunnen die geohydraulische Berechnung durch und optimiert den Brunnenausbau unter Verwendung des Aufsatzrohres ($C > 0$). Da die Optimierung alle neun möglichen Pumpstufen erfaßt, verfügt dieses Programm über einen Entscheidungsalgorithmus für die charakteristische Pumpstufe, auf deren Basis die Brunnenkonstruktion zu erfolgen hat (Bild 3). Das Bestimmen der charakteristischen Pumpstufe ist unter anderem auch aus ökonomischen Gründen erforderlich, um beispielsweise unnötig lange Pumpzeiten zum Erreichen der Zielabsenkung zu verhindern oder die Konstruktion unvertretbar tiefer Brunnen nur aus der Notwendigkeit der Förderung großer Wassermengen zur Realisierung kurzer Vorentwässerungszeiten zu vermeiden. Auch dieses Pro-

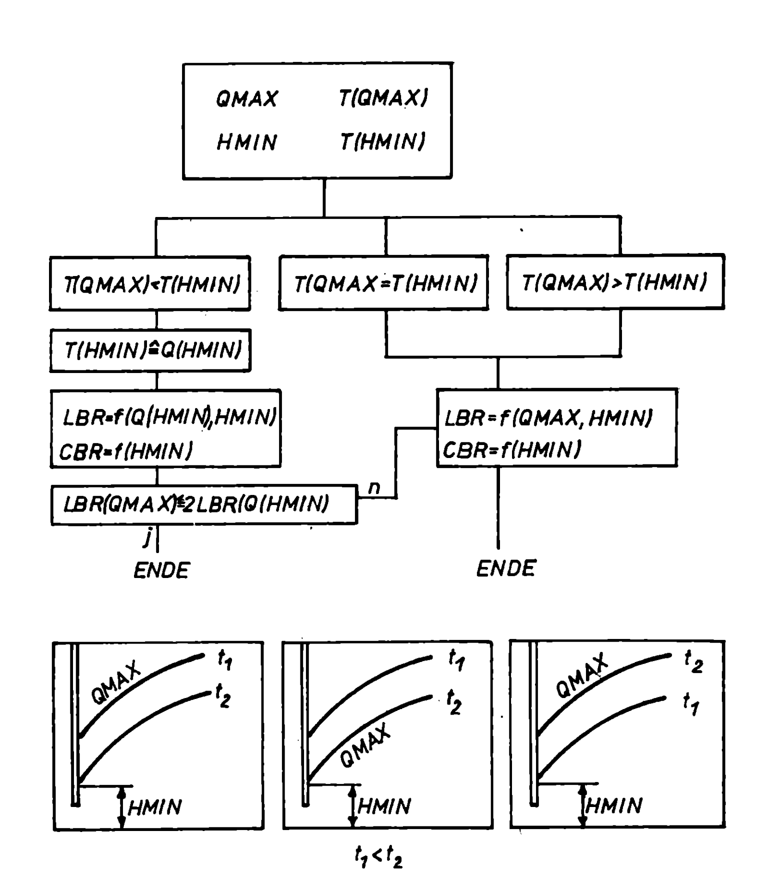


Bild 3
Entscheidungsalgorithmus für die Brunnenkonstruktion im Programm BRUKON 1

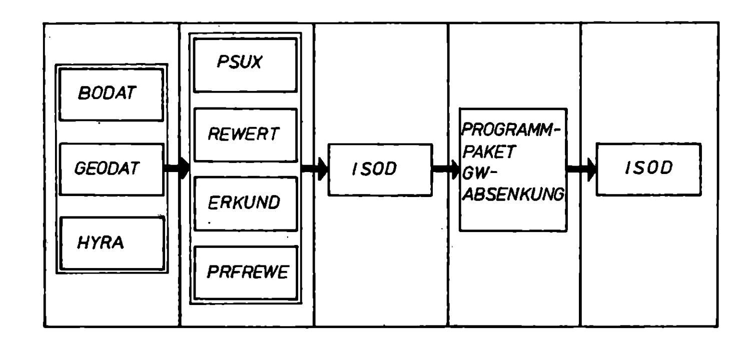


Bild 4
Komplexe EDV-gestützte Erkundung und Projektierung für Grundwasserabsenkungen

gramm sollte in seiner Anwendung auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben.

FORTRAN-Programm OPENA 1

Dieses Programm optimiert den technischen Aufwand einer Grundwasserabsenkungsanlage durch Ausrichten der freien Oberfläche auf vorgegebene Zielabsenkungen und Minimieren der Brunnenfördermengen unter Berücksichtigung vorgegebener Pumpentypen. Die Brunnenkonstruktion ist vorzugeben. Für jede beliebige Berechnungszeit ist die Angabe von gewünschten Zielabsenkungen in beliebigen Punkten möglich, wobei in der Berechnung stets auf das Erreichen der maximalen Zielabsenkung orientiert wird. Jeder Brunnen wird mit einem Gewichtsfaktor versehen, der vom Programm bei der Entscheidung über eine mögliche Außerbetriebsetzung des Brunnens herangezogen wird.

Eingabedaten wie bei WAP 2, zusätzlich:

- Pumpentypen
- Rohrleitungen
- Gewichtsfaktoren
- minimale und maximale Brunnenfördermengen.

Ausgabe:

- Bewirtschaftungskonzeption der Anlage mit der Entscheidung UWM- oder Kreiselpumpenanlage;
- Optimierung der Brunnenstandorte bei Einhaltung der Zielabsenkungen und Auslastung der Pumpen für einen vom Programm gewählten Pumpentyp;
- Objektangaben mit Pumpentyp, Pumpenanzahl und Brunnentiefe, Bohrdurchmesser, Rohrleitungslängen und Energiebedarf.

Allgemeine Hinweise zur Nutzung

Bei der Anwendung des Programmpakets für die Berechnung von Grundwasserabsenkungsanlagen können überschlagmäßige Berechnungen zur Ermittlung der erforderlichen Wassermenge entfallen. Entsprechend der gegebenen Aufgabenstellung und der verfügbaren Rechentechnik ist das erforderliche Rechenprogramm auszuwählen. Zur Anlagenoptimierung ist die Kopplung zweier Programme sinnvoll: OPENA 1 und BRUKON 2. Entsprechend den Nutzungsbedingungen dieser Programme erfolgt zuerst die Anwendung von OPENA 1 zum Ziel der

- Standortoptimierung und
- Minimierung der Wassermenge für das Erreichen der Absenkung zur vorgegebenen Zeit.

Anschließend wird das Programm BRUKON 2 zur

- Ermittlung des Förderregimes nach Erreichen der Zielabsenkung und
- Optimierung der Konstruktionsparameter jedes Brunnens

genutzt. Auf diese Weise ist eine effektive Nutzung des Programmpakets auch im Hinblick auf speicherplatz-, zeit- und kostengünstige Faktoren möglich. Zur Erhöhung der Aussagekraft des Berechnungsergebnisses liegt das Programm BRUKON 2 in einer Kopplungsversion für das Programm ISOD vor. Hier werden die Berechnungsergebnisse ausgedruckt und zusätzlich auf einem peripheren Datenspeicher ausgelagert. Nach Abschluß der Berechnung wird von diesem Datenspeicher der Aufruf des Programms ISOD ausgelöst und ein Isolinienplan mit Hilfe des Seriendruckers ausgegeben. In der dargestellten Form ist das Programmpaket in das in Bild 4 dargestellte Schema des Komplexes der EDV-gestützten Erkundung und Projektierung für Grundwasserabsenkungen einzuordnen, mit dem eine geschlossene digitale Simulation der Berechnung von Grundwasserabsenkungen möglich wird.

Der Komplex beinhaltet den Datenbankblock, Programme zur Parameterquantifizierung und Erkundungsstrategie, die digitale Isolinienkonstruktion zur Meßnetzerfassung und Ergebnisdarstellung der im Programmpaket ermittelten Werte.

Das Programmpaket GRUNDWASSERABSENKUNG wird seit nunmehr zwei Jahren erfolgreich in der Projektierungspraxis genutzt. Sein Einsatz erfolgte bisher hauptsächlich bei Erschließungsmaßnahmen für große Wohngebiets-Neubaumaßnahmen in Berlin, Cottbus, Neubrandenburg sowie bei Einzelobjekten im Industriebau.

In einem später erscheinenden Beitrag soll die Handhabung des Programmpakets GRUNDWASSERABSENKUNG an zwei ausgewählten Beispielen erläutert werden.

Literatur

/1/ *Luckner, L.,* und *andere:* Bemessungsgrundlagen für Brunnen von Grundwassergewinnungsanlagen; WAPRO 1.42.
VEB Projektierung Wasserwirtschaft, Halle 1971

/2/ *Kaden, St.; Luckner, L.; Beims, U.:* FORTRAN-Komplexprogramm Brunnenbemessung; WWT 23 (1973) 8, S. 262—266

/3/ *Beims, U.; Kotte, S.:* Kurzdokumentation zum FORTRAN-Programm WAP 1; Gemeinsame Forschungsgruppe Grundwasser, Dresden 1976

/4/ *Eichhorn, D.; Kaden, St.; Beims, U.:* Optimierung und Dimensionierung von Grundwasserabsenkungen mit dem EDV-Programm OPENA; WWT 31 (1981) 3, S. 87—89

WWT

Information

Textilindustrie um rationelle Wasserverwendung bemüht

Gegenwärtig tragen zehn Textilbetriebe im Bereich des Ministeriums für Leichtindustrie den Titel „Wasserwirtschaftlich vorbildlich arbeitender Betrieb". Zwei davon gehören zum VEB Kombinat Baumwolle, die VEB Baumwollspinnerei und Zwirnerei Leinefelde sowie Frottana, Färberei Obercunnersdorf. Gestützt auf exakte Wasserverbrauchsnormen und wassersparende Technologien gelang es diesen Betrieben, den spezifischen Wasserverbrauch um bis zu 40 Prozent zu senken. Das Kollektiv der Färberei Obercunnersdorf entwickelte darüber hinaus noch eine beispielhafte Initiative. Durch Rekonstruktion vorhandener Bausubstanz in Eigenleistung schuf es eine wirkungsvolle Kläranlage und ermöglichte dem VEB Zentrales Projektierungsbüro der Textilindustrie Leipzig damit zugleich, Untersuchungen zur weitergehenden Behandlung von Textilabwässern und zum Aufbau von Wasserkreisläufen durchzuführen. Der VEB Zentrales Projektierungsbüro der Textilindustrie verfügt seit 1976 über ein wasserwirtschaftliches Laboratorium, das zum Beispiel die Aufgabe hat, Grundlagen für die Projektierung von Anlagen zur Abwasserbehandlung und Wertstoffrückgewinnung zu schaffen. Bisher konnten für über 30 Betriebe Lösungen erarbeitet werden.

Der VEB Kombinat Baumwolle verbrauchte z. B. vor zwei Jahren 9,8 m^3 Wasser je eine Million Mark Warenproduktion, gegenwärtig sind es 9 m^3. Die Verminderung des Wasserverbrauchs um fast einen Kubikmeter ermöglicht es, 0,56 kWh Elektroenergie einzusparen. Ergebnisse von Wissenschaft und Technik werden konsequent genutzt. So konnten durch Anwendung des Gegenstromprinzips bei Breitwaschmaschinen bis zu 50 Prozent Wasser eingespart werden. Die rationelle Wasserverwendung wird mehr und mehr in den sozialistischen Wettbewerb der Kombinate und Betriebe der Leichtindustrie einbezogen. Gegenseitige Konsultation über Verminderung des Verbrauchs, Aufbau von Wasserkreisläufen, über effektivere Technologien sollten dabei aber noch besser genutzt werden.

Bis 1985 wollen 15 weitere Textilbetriebe den Titel „Wasserwirtschaftlich vorbildlich arbeitender Betrieb" erringen. Außer der Senkung des spezifischen Verbrauchs geht es verstärkt darum, Wertstoffe wie Wollfett und Natronlauge aus dem Abwasser zurückzugewinnen. *Han.*

Das Rückstauverhalten von Entwässerungsnetzen

Prof. Dr. sc. techn. Hans BOSOLD und Dipl.-Ing. Achim RICHTER
Beitrag aus der Technischen Hochschule Leipzig

Entwässerungsnetze sollen so bemessen werden, daß sie eine schadlose Abwasserableitung ermöglichen. Der Begriff „schadlos" bezieht sich dabei sowohl auf die mengenmäßige als auch auf die gewässerschutztechnischen Belange der Ableitung. Im Zusammenhang mit dem hydraulischen Leistungsvermögen nimmt die Wahl der Überstauungshäufigkeit, die vom Entwurfsbearbeiter verantwortungsbewußt festgelegt werden muß, einen vorrangigen Platz ein. Je größer die Rückstausicherheit gewählt wird, um so höher wird im allgemeinen der Investitionsaufwand. Andererseits hängt die Rückstausicherheit aber auch vom jeweiligen Berechnungsverfahren ab. Es zeigt sich, daß durchaus nicht das Verfahren mit dem größten Investitionsaufwand zugleich auch rückstausichere Netze ergibt.

Überstauungshäufigkeit und Rückstauebene

Der Begriff „Überstauung" ist in der Literatur im Zusammenhang mit der Berechnung von Entwässerungsnetzen nicht eindeutig definiert. Bei den Bemessungsverfahren, bei denen die Leitungen als vollgefüllte Freispiegelleitungen bemessen werden, bezieht sich die Überstauungshäufigkeit $z_{ü}$ auf den Zeitraum in Jahren, in der die Vollfüllung einmal erreicht oder überschritten wird. Bei Anerkennung üblicher vereinfachender Voraussetzungen ist die Überstauungshäufigkeit, bezogen auf den Rohscheitel, gleich der Regenhäufigkeit, für die sie bemessen wurden. Die Bezugsbasis Rohrscheitel ist jedoch für den bemessenden Ingenieur in der Regel uninteressant. Für die schadlose Abwasserableitung ist vielmehr die Frage relevant, in welchen Zeiträumen im statistischen Mittel ein Schaden, eine Gefährdung oder Behinderung für eine bestimmte Nutzung eintritt.

Nutzungen bei Entwässerungsleitungen können z. B. sein:

- Kellerabläufe
- Bauwerksdränagen
- Verkehrsflächen
- Fußgängerbereiche
- Zuläufe.

Dem Anliegen der Entwässerung gerecht werdend, sollte daher die Überstauungshäufigkeit immer auf eine von der Funktion der Leitung abhängige Rückstauebene RE bezogen werden.

Der Einwand, daß Netze, bei denen sich die Überstauungshäufigkeit auf den Kanalscheitel bezieht, Sicherheiten in sich bergen, kann nicht akzeptiert werden. Die vorhandenen Sicherheiten hängen von der Tiefenlage, dem Sohlengefälle und der Länge der Leitung ab und sind in jedem Falle anders. Wenn es schon zur Bemessung von Entwässerungsleitungen notwendig ist, eine Überstauungshäufigkeit vorzugeben, so ist es wissenschaftlich nicht haltbar, diese Wahl durch unbekannte Sicherheiten wieder zu verändern.

Die Festlegung der Rückstauebenen in Abhängigkeit von der Leitungsfunktion ist nicht nur eine Frage der logischen Zuordnung, sondern von großer materialökonomischer Relevanz. Ein Entwässerungsnetz ist dann optimal bemessen, wenn sich für die gewählte Überstauungshäufigkeit gerade ein Rückstau bis zu den erforderlichen Rückstauebenen an allen Endpunkten oder auch Geländesenken einstellt. In diesem Falle wird die zur Verfügung stehende potentielle Energie (Druckhöhen an den Endpunkten) optimal zum Wassertransport genutzt. Je nach den standortspezifischen Gegebenheiten können dadurch Investitionseinsparungen gegenüber der Ableitung ohne Rückstau bis zu 10 Prozent erreicht werden.

Rückstauverhalten bei Anwendung des Zeitbeiwertverfahrens

Die Dimensionierung von Entwässerungsnetzen kann nach dem Standard TGL 24892/04 nach dem Zeitbeiwertverfahren oder dem Grenzabflußverfahren (dort als Verfahren zur Ermittlung differenzierter Berechnungsregen bezeichnet) vorgenommen werden.

Dem Zeitbeiwertverfahren liegt das Postulat Regendauer = Fließzeit zugrunde. Der Regenwasserabfluß $\dot{V}_r$ errechnet sich mit der Regenspende r, dem Abflußbeiwert ψ, der Entwässerungsfläche F und dem Zeitbeiwert φ nach Gl. (1).

$$\dot{V}_r = \varphi \cdot r \cdot \psi \cdot F \qquad (1)$$

Der Zeitbeiwert errechnet sich nach Gl. (2) zu

$$\varphi = \frac{38}{t+9}\,(z^{0,25} - 0{,}369) \qquad (2)$$

In Gl. (2) bedeuten

t = Fließzeit in min

z = Anzahl der Jahre, innerhalb derer die Regenspende r einmal erreicht oder überschritten wird (Regenhäufigkeit).

Mit dem Zeitbeiwert φ wird die bei Freispiegelleitungen mögliche Abflußminderung berücksichtigt. Letztere wird wirksam, wenn die Fließzeit in der Leitung die Berechnungsdauer übersteigt. Die Abflußminderung erklärt sich aus der Überlegung, daß der Zufluß am Anfang der Leitung erst dann zum Berechnungspunkt gelangt, wenn der Regen bereits aufgehört hat und kein Zufluß von den näher liegenden Flächen mehr erfolgt. Diese Überlegung ist richtig, solange die auftretende Regenspende diejenige des Berechnungsregens nicht übertrifft. Wird das Entwässerungsnetz jedoch höher belastet, so trifft das Abflußmodell nicht mehr zu. In einer unter Druck stehenden Leitung kann nur so viel Wasser zufließen, wie am Auslauf abfließt. Da besonders bei den längeren Hauptsammlern durch den Zeitbeiwert die Abflußspitze in Fließrichtung ständig verringert wird, sind diese nicht überlastungsfähig. Bei einer Fließzeit von 25 Minuten und einem Berechnungsregen von 15 Minuten beträgt bei geringfügiger Abflußerhöhung die Überlastung das

$$\frac{1}{\varphi} = \frac{1}{0{,}71} = 1{,}41\text{fache.}$$

Überlastete Hauptsammler können ihrerseits in die Nebensammler zurückstauen, obwohl diese als Einzelstränge genügend groß dimensioniert werden. Die Hauptsammler der nach dem Zeitbeiwertverfahren dimensionierten Entwässerungsnetze sind besonders überstauungsgefährdet. Die geringere Leistungsfähigkeit des Hauptsammlers läßt die volle Beanspruchung der Nebensammler nicht zu. Dieser Umstand führt dazu, daß wertvolle Investitionen ihrer zugedachten Funktion nicht im vollen Umfang gerecht werden. Aus diesem Grunde sollte von der Anwendung des Zeitbeiwertverfahrens Abstand genommen werden.

Rückstauverhalten bei Anwendung des Grenzabflußverfahrens

Dem Grenzabflußverfahren liegt der analoge Gedanke zugrunde wie die Berechnung der Tragwerke nach Grenzzuständen in der Statik. Das Grenzabflußvermögen ist erreicht, wenn — wie Bild 1 zeigt — die Drucklinie die Rückstauebene erreicht. Rückgestaute Entwässerungsleitungen stellen bei den in der Kanalisationstechnik üblichen Überstauungshäufigkeiten normale Belastungsfälle dar. Zwischen Grenzabfluß $\dot{V}_{r,ü}$ und Abfluß bei Vollfüllung $\dot{V}_{r,v}$ besteht nach den Gesetzen der Hydraulik und den in Bild 1 angegebenen Bezeichnungen der in Gl. (3) angegebene Zusammenhang

$$\dot{V}_{r,ü} = \left(1 + \frac{t_x}{J_{sx} \cdot L_x}\right)^{0,5} \cdot \dot{V}_{r,v}\,. \qquad (3)$$

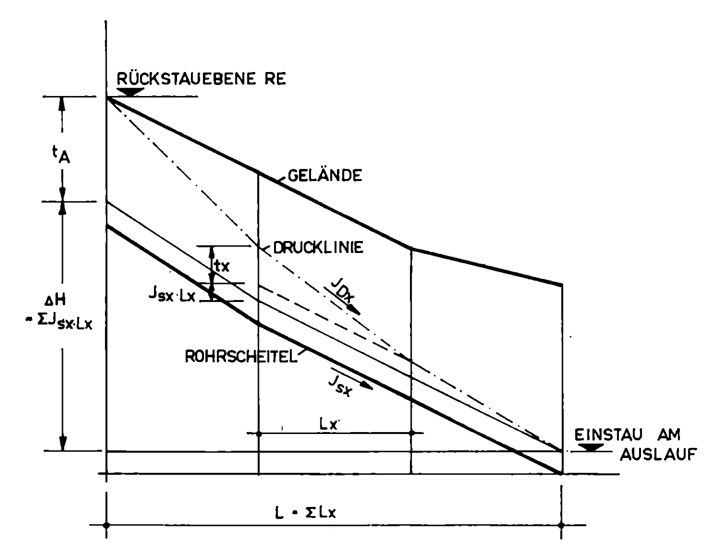


Bild 1 Hydraulische Verhältnisse überstauter Abwasserleitungen bei scheitelgleicher Verlegung

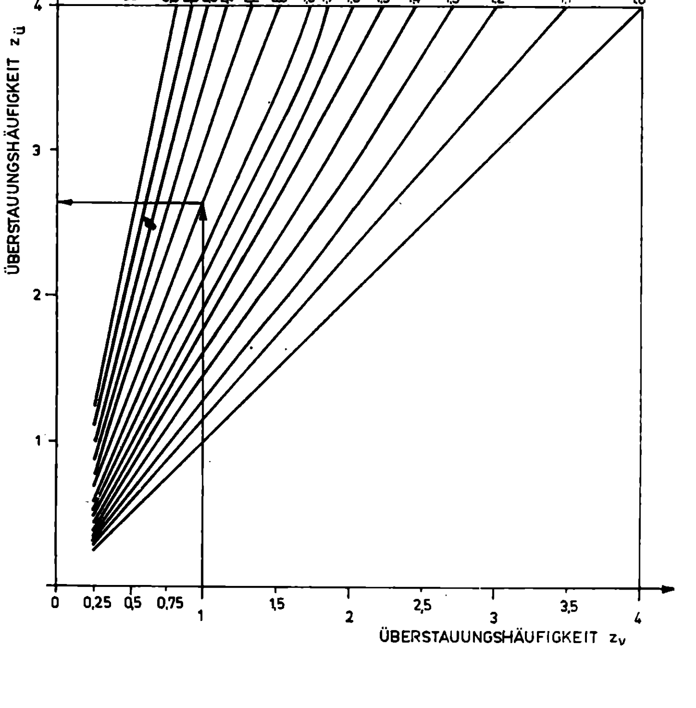




Bild 2 Zusammenhang zwischen den Überstauungshäufigkeiten z_v und $z_ü$

Der Ausdruck $1 + \frac{t_x}{J_{sx} \cdot L_x}$ stellt den Faktor für die Erhöhung des Druckliniengefälles bei Rückstau dar. Die Wurzel wird im folgenden mit α bezeichnet.

$$\alpha = \left(1 + \frac{t_x}{J_{sx} \cdot L_x}\right)^{0,5}$$

Analog verhalten sich die abführbaren Regenspenden beim Grenzabfluß ($r_ü$) und bei Vollfüllung (r_v) nach Gl. (4).

$$r_ü = \alpha \cdot r_v \, . \tag{4}$$

Die für mitteleuropäische meteorologische Verhältnisse gültige Gl. (5) lautet

$$r = \frac{A\,(z)}{B + T} \, . \tag{5}$$

Bild 3 Schematischer Lageplan

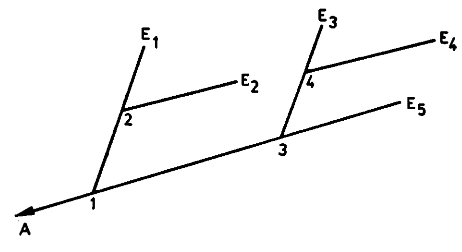
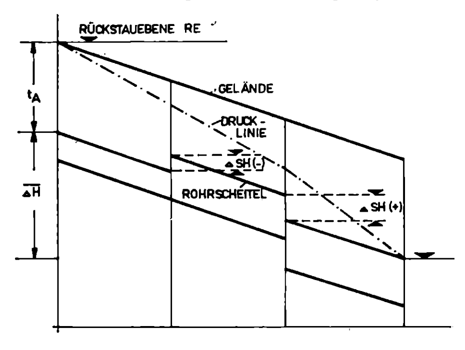


Bild 4 Hydraulische Verhältnisse überstauter Abwasserleitungen bei Scheitelsprüngen



Dabei bedeuten

A (z) = ein von z abhängiger Wert
z = Anzahl der Jahre, innerhalb derer die Regenspende r einmal erreicht oder überschritten wird (Regenhäufigkeit)
B = Ortskonstante in min
T = Regendauer in min.

Für einige Städte der DDR wurden durch Auswertung der Regenmeßstreifen die Regenspendelinien ermittelt. Die Konstanten A (z) und B sind für übliche z-Werte in der Tafel 1 angegeben.

Aus den Gln. (4) und (5) folgt mit $z = z_v$ und $z = z_ü$

$$A\,(z_ü) = \alpha \cdot A\,(z_v) \, . \tag{6}$$

Mit den Werten für die Landschaftsregenspende nach Tafel 1 und der Gl. (1) ergibt sich der in Bild 2 dargestellte Zusammenhang zwischen den Überstauungshäufigkeiten z_v und $z_ü$.

Beispiel:

Gegeben: $L_x = 150$ m, $t_x = 0,6$ m, $J_{sx} = 0,0013$, $z_v = 1$

Gesucht: $z_ü$

Lösung: $\alpha = \sqrt{1 + \frac{0,6}{0,0013 \cdot 150}} = 2$ und nach Bild 2 $z_ü = 2,65$.

Bei Verwendung anderer Regenspendenlinien entstehen unwesentliche Abweichungen.

Ermittlung der Rückstausicherheit

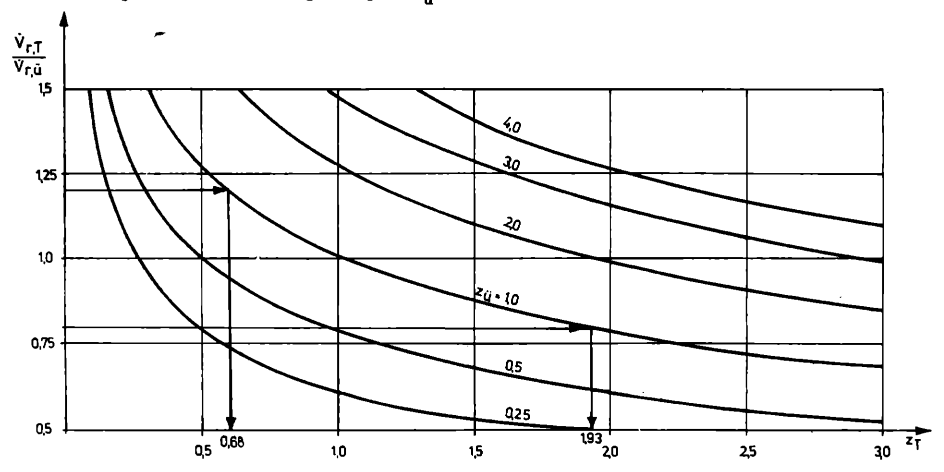
Das erhöhte Abflußvermögen durch Rückstau wird bei der Netzdimensionierung schon oft genutzt. In manchen Fällen wird jedoch nicht das gesamte Netz als Verbundsystem betrachtet. Es wird das Netz zunächst als Freispiegelleitung dimensioniert und anschließend eine Reduzierung vorgenommen. Diese erfolgt so, daß zunächst vom Auslauf des Hauptsammlers ausgehend bis zur möglichen Rückstauebene (z. B. 30 cm unter OFG) eine Drucklinie angenommen wird. Bei einmündenden Nebensammlern wird der Einstau des Hauptsammlers berücksichtigt und analog verfahren. Bei dieser Verfahrensweise ergeben sich bei den Haupt- und Nebensammlern unterschiedliche Rückstausicherheiten. Bei einem Regen konst. Regenspende über das gesamte Entwässerungsgebiet wird die Leitung mit der geringsten Rückstausicherheit überflutet.

Zur Erreichung gleicher oder vorgeschriebener Sicherheiten an unterschiedlichen Netzpunkten muß das gesamte durch Rückstau beeinflußte Entwässerungsnetz betrachtet werden. Bei dem in Bild 3 dargestellten Beispiel kann der höchste Einstau an den Verzweigungspunkten 1 bis 4 nur schrittweise ermittelt werden. Für den Punkt 1 ergibt sich der höchste Einstau aus den Drucklinien von A nach E_1 bis E_5. Für den Verzweigungspunkt 2 wird anschließend der höchste Einstau aus den Drucklinien vom höchsten Einstau im Punkt 1 nach E_1 bis E_2 bestimmt. Für die Punkte 3 und 4

Tafel 1
Konstanten A (z) und B zur Ermittlung der Regenspende nach Gl. (5)

Station	B in min	A (z) für z				
		4	2	1	0,5	0,25
Leipzig	11	4261	3412	2564	1714	866
Halle-Kröllwitz	15	5120	4270	3540	2718	2130
Magdeburg	10	3334	2765	2227	1744	1303
Warnemünde	12	3902	3110	2476	1892	1384
Landschafts-Regenspende (n. *Reinhold*)	9	3820	2998	2352	1845	1448

Bild 5 Tatsächliche Überstauungshäufigkeit z_T in Abhängigkeit vorliegender Abflußverhältnisse $\dot{V}_{r,T}/\dot{V}_{r,ü}$ und gewählter Überstauungshäufigkeit $z_ü$



wird analog verfahren. Die jeweils für eine Leitung zur Verfügung stehende Drucklinie sollte aus hydraulischen Gesichtspunkten proportional auf die Leitungsabschnitte aufgeteilt werden.
Bei weiterer Belastung bereits vollgefüllter Entwässerungsleitungen leitet sich aus Bild 1 die Gl. (7) für die sich einstellende Drucklinie ab.

$$J_{Dx} = J_{Sx} + \frac{t_x}{L_x}$$

$$J_{Dx} = J_{Sx} \cdot \left(1 + \frac{t_x}{J_{Sx} \cdot L_x}\right)$$

$$J_{Dx} = \alpha^2 \cdot J_{Sx} \,. \qquad (7)$$

Nach Gl. (7) läßt sich die Drucklinie schrittweise konstruieren bzw. tabellieren. Bei der Konstruktion bzw. Berechnung der Drucklinie müssen evtl. vorhandene Scheitelsprünge berücksichtigt werden. Die in Fließrichtung nach oben auftretenden Scheitelsprünge stellen, soweit sie unterhalb des Einstaues liegen, einen Gefälleverlust dar ($-\Delta SH$). Entgegengesetzte Scheitelsprünge ($+\Delta SH$) tragen im Bereich des Rückstaues zur Abflußerhöhung bei und sind ein Gefällegewinn. Entsprechend Bild 4 ergibt sich damit die gefällebedingte Höhendifferenz nach Gl. (8) zu

$$\Delta H = \sum J_{Sx} \cdot L_x + \sum \Delta SH \,. \qquad (8)$$

Liegt der Rückstau im Bereich des Scheitelsprunges unterhalb des Rohrscheitels, so tritt Freispiegelabfluß auf. Solche Stellen unterteilen die Netze hinsichtlich ihrer hydraulischen Beeinflussung. Bedingt durch das standardisierte Rohrsortiment und die vorliegenden Abflußbedingungen kann sich im Betrieb des Entwässerungsnetzes eine Unter- oder Überbelastung einstellen. Bei Entwässerungsnetzen heißt das, die Leitungen werden gegenüber der gewählten Überstauungshäufigkeit $z_ü$ in kürzeren oder längeren Zeiträumen überstaut. Zwischen dem tatsächlich auftretenden Regenwasserabfluß $\dot{V}_{r,T}$ und dem der Berechnung zugrunde gelegten Abfluß $\dot{V}_{r,ü}$ besteht die Beziehung entsprechend Gl. (9)

$$\dot{V}_{r,T} : \dot{V}_{r,ü} = A\,(z_T) : A\,(z_ü) \,. \qquad (9)$$

Mit Gl. (9) und den Werten nach Tafel 1 lassen sich die auftretenden Überstauungshäufigkeiten z_T ermitteln. Für die Landschaftsregenspenden und vorliegenden Abflußverhältnisse $\dot{V}_{r,T} : \dot{V}_{r,ü}$ sind die Überstauungshäufigkeiten $z_ü$ in Bild 5 dargestellt. Den Gebrauch des Bildes 5 erläutert ein Beispiel:
Eine Entwässerungsleitung wird mit einer Überstauungshäufigkeit $z_ü = 1$ und einer Regendauer $T = 15$ min nach dem Grenzabflußverfahren dimensioniert. Tatsächlich stellt sich in der Leitung jedoch ein Abfluß von $\dot{V}_{r,T} = 0{,}8 \cdot \dot{V}_{r,ü}$ ein, d. h., die Rückstauebene wird dann alle 1,93 Jahre durchschnittlich überschritten.
Beträgt der tatsächliche Abfluß
$\dot{V}_{r,T} = 1{,}2 \cdot \dot{V}_{r,ü}$,
so geschieht dies bereits alle 0,68 Jahre.

Zusammenfassung

- Nach dem Zeitbeiwertverfahren bemessene Entwässerungsleitungen werden wegen der Abminderung der Flutwelle in Fließrichtung stark überlastet.
- Bemessungsverfahren für vollgefüllte Freispiegelleitungen haben unbekannte unterschiedliche nicht nutzbare Sicherheiten gegenüber einer höher liegenden Rückstauebene.
- Bei Anwendung des Grenzabflußverfahrens wird die an den Leitungsendpunkten zur Verfügung stehende potentielle Energie optimal zum Wassertransport genutzt. Dies führt im Vergleich zu den Bemessungsverfahren mit Freispiegelabfluß zu Investitionseinsparungen bis zu 10 Prozent.
- Bei Nutzung des Rückstaues zum erhöhten Wassertransport muß das sich hydraulisch beeinflußbare Gesamtnetz betrachtet werden. Die freie Wahl von Drucklinien führt zu unterschiedlichen Überstauungshäufigkeiten der einzelnen Leitungen.



Hydrobiologie. Ein Grundriß für Ingenieure und Naturwissenschaftler

2. Aufl. Reihe „Einführung in die Hydrobiologie".
Von Prof. Dr. rer. nat. habil. *Dietrich Uhlmann*. VEB Verlag Gustav Fischer, Jena 1982, 315 S., 148 Abb., 14 Tab., 16 Taf., L 6 Leinen, 39,— M (DDR)

Seit dem Erscheinen der 1. Auflage gehört die „Hydrobiologie" von *Uhlmann* zur Standardliteratur nicht nur des Limnologen, sondern dem Ziel des Autors entsprechend auch des Ingenieurs in der Wasserwirtschaft. Die 2. Auflage unterscheidet sich von der 1. hauptsächlich durch den Austausch von etwa 40 Prozent der Abbildungen, zumeist graphischen Darstellungen, durch aussagekräftigere Beispiele. Ohne Umfangerweiterung war es möglich, den Text zu aktualisieren, wobei die Kapitel „Biologischer Flußlängsschnitt", „Vorhersage der Änderung der Wasserbeschaffenheit nach Anstau", „Eutrophierung" und „Biologie des Belebtschlammverfahrens" neu geschrieben wurden. Der Hydrobiologie-Grundriß von *Uhlmann* zeichnet sich gegenüber anderer einschlägiger Einführungen in die Limnologie durch die mathematische Durchdringung der Fachmaterie aus, was der Ingenieur begrüßen wird, dem die limnologische Fachterminologie zumeist schwer verständlich bleibt. Dem Autor gelang es, die ökologischen Zusammenhänge im aquatischen Ökosystem auch dem Nichtbiologen darzustellen, ein naturwissenschaftliches Grundwissen vorausgesetzt. Die Gliederung in zehn Hauptkapitel mit entsprechender Unterteilung wurde fast unverändert beibehalten. Einige Hinweise für eine spätere Neubearbeitung: Der Tafelanhang mit der Wiedergabe von 246 häufigen Wasserorganismen sollte durch Größenangaben in den Tafellegenden ergänzt werden, um einen Anhalt über die Größenverhältnisse zu vermitteln. Das Kapitel 10.1. über weiterführende Lehr- und Handbücher sollte aktualisiert werden. Versehentlich ist z. B. das Zitat „Keller, R.: Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. Teubner, Leipzig 1962" bei doppeltem Zitat von Konstantinov entfallen. Seite 130 ist zu korrigieren: 1 EGW = 1,4 bis 4,5 g P. Da sich das Buch hauptsächlich an Studierende wendet, wäre eine generelle Angleichung an die moderne Terminologie zu wünschen, um Übereinstimmungen mit dem im Fach Chemie Gelernten herzustellen (z. B. Karbondioxid, -karbonat, -azetat, Glukose, Fruktose, Glyzerol, Kalzium u. a.). Schließlich bedarf es sicherlich noch einiger Zeit der Umstellung, den Begriff der Stoffmenge im Sinne des SI-Systems zu gebrauchen. *Breitig*

Einfluß der Sickerwassermenge auf die Höhe des N-Austrages aus einer Sand-Rosterde

Doz. Dr. sc. agr. Joachim KATZUR und Dipl.-Ing. Astrid MROSKO
Beitrag aus der Humboldt-Universität Berlin, Sektion Pflanzenproduktion

Die Verfügbarkeit des Grundwassers, insbesondere des oberflächennahen Grundwassers und des Oberflächenwassers als Trinkwasser mußte in den letzten Jahrzehnten durch den erhöhten Eintrag von NO_3-Stickstoff eingeschränkt werden. Als Ursache werden u. a. die No_3-Auswaschungsverluste genannt, die auf den intensiv gedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen auftreten und mit dem Sickerwasser in das Grundwasser bzw. mit dem Grundwasser in die Oberflächengewässer gelangen.

Auf die N-Auswaschungsverluste nehmen variable und fixe Faktoren Einfluß. Die variablen Faktoren sind relativ gut beherrschbar. Sie umfassen die Art der landwirtschaftlichen Nutzung, Düngungsintensität, und andere Einflußgrößen. Zu den fixen Faktoren zählen die natürlichen Standortverhältnisse, wie z. B. Körnungsart (Bodenart), Nährstoffnachlieferung, topografische Ausbildung, Niederschlagsmenge, Niederschlagsverteilung und Verdunstung. Eine Wichtung dieser Faktoren hat *Czeratzki* /1/ für die mitteleuropäischen Klimaverhältnisse vorgenommen und dabei folgende Reihenfolge aufgestellt:

Art und Dauer des Bewuchses > Bodenart > Durchlässigkeit des Bodens > N-Bodenvorrat (Humusgehalt) > Mobilisierungs- und Festlegungsvermögen des Bodens (biologische Aktivität) > aktuelle N-Düngung (Höhe, Düngersorte, Zeitpunkt der Düngung).

Diese Einflußfaktoren sind unter Umständen noch durch weitere zu ergänzen, wie z. B. Niederschlagsmenge, Verdunstung, Sickerwasserbildung bzw. durch andere Bezugsgrößen zu ersetzen und schließlich auf wenige für die N-Auswaschung wesentliche Faktoren zu reduzieren. Dies wiederum setzt eine exakte Quantifizierung der Einflußfaktoren voraus. Damit können deren Wirkungsanteile an der N-Gesamtauswaschung annähernd bestimmt werden. Die Ergebnisse lassen Schlußfolgerungen für die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Trinkwasserschutzgebieten (Grundwasser) zu. Mit diesen Ergebnissen konnten die in Trinkwasserschutzgebieten unter Berücksichtigung der dort anzutreffenden Standortbedingungen und Bewirtschaftungsmaßnahmen langfristig zu erwartenden N-Austräge berechnet werden.

Zwischen Klima, Standort, Bewirtschaftungsart und Sickerwasserspende bestehen enge Beziehungen /2/, ebenso wie solche zwischen Sickerwasserspende und Nährstoffaustrag zu erwarten sind. /3/ Deshalb wurde zunächst versucht, den Einfluß der monatlichen Sickerwassermenge und der N-Konzentration im Sickerwasser auf die Höhe der monatlichen N-Auswaschungsverluste aus einer landwirtschaftlich genutzten Sand-Rosterde mit Korrelations- bzw. Regressionsanalysen zu erfassen.

Material und Methode

Den Berechnungen liegen die in der Lysimeteranlage „Grünewalde" bei den 100 bis 300 cm hohen Lysimetern der ungesteuerten Variante erfaßten Sickerwassermengen und N-Austräge zugrunde. Die Lysimeter der ungesteuerten Variante sind wie die der anderen Varianten nach der EDV-Düngungsempfehlung einheitlich gedüngt, mit landwirtschaftlichen Nutzpflanzen bestellt und bei Bedarf zusätzlich mit Leitungswasser beregnet worden. /4/ Im Unterschied zu den anderen Varianten sind hier weder Stroh noch Nitrifikationshemmer eingesetzt worden. Das in den Lysimetern auftretende Sickerwasser wird in Plasteimern aufgefangen. Sie werden seit Juli 1976 jeweils am Montag, Mittwoch, Freitag sowie am letzten Tag des jeweiligen Monats quantitativ erfaßt. Die N-Belastung der Perkolate ist getrennt für jedes Gefäß monatlich an einer Mischprobe bestimmt worden. Die Mischproben werden aus den an den genannten Meßtagen erfaßten Sickerwasserabflüssen zusammengestellt, indem für den jeweiligen Monat stets ein konstanter Prozentsatz der erfaßten Sickerwassermenge für die Mischprobe entnommen wird. Die Mischproben werden bis zu ihrer Untersuchung auf die N-Bindungsformen NH^+_4, NO^-_3 und NO^-_2 in einer Tiefkühltruhe aufbewahrt.

Ergebnisse

Sickerwassermenge und N-Austrag

Die bei der ungesteuerten Variante ermittelten Werte der monatlichen Sickerwassermenge (x) und der monatlichen N-Austräge (y) wurden den Gleichungen der Form

$y = a + bx$ und

$y = a + b_1x = b_2x^2$

angenähert. Die zunächst für den Beobachtungszeitraum von Juli 1976 bis März 1978 errechneten Regressionen belegen, daß die geprüften Meßreihen eine gute Anpassung sowohl an eine Gerade als auch an eine Parabel besitzen. Die Bestimmtheitsmaße der linearen Regression sind nur unbedeutend kleiner als die der quadratischen Regression (Tafel 1). Da für die quadratische Regression ein erheblich hoher Rechenaufwand erforderlich ist, wurde geprüft, inwieweit die quadratische Regression durch den Ausdruck $y = a + bx^2$ ersetzt werden kann. Die mit diesem Formelausdruck durchgeführten Korrelations- bzw. Regressionsanalysen beweisen ebenfalls die enge korrelative Abhängigkeit der monatlichen N-Austräge von den Sickerwasserabflüssen. Dabei sind die ermittelten Bestimmtheitsmaße nahezu identisch mit denen der quadratischen Regression. Diesen Sachverhalt bestätigen auch die für das Kalenderjahr 1977, das wasserwirtschaftliche Winterhalbjahr 1976/77 bzw. Sommerhalbjahr 1977 und später für den Beobachtungszeitraum Juli 1976 bis April 1980 durchgeführten Berechnungen. Auf Grund dieser Ergebnisse ist ab 1978 der Einfluß der Sickerwassermenge auf den N-Austrag nur noch unter Verwendung der Regressionen $y = a + bx$ und $y = a + bx^2$ erfaßt worden.

Aus den in Tafel 1 auszugsweise wiedergegebenen Regressionen ist zu entnehmen, daß bei gleichem Formelansatz die Beziehungen zwischen N-Austrag und Sickerwassermenge mit der Länge der Versickerungsstrecke enger werden und die Meßreihen

Tafel 1 Korrelationen zwischen monatlicher $N_{ges.}$-Auswaschung in mgN/m^2 (y) und monatlicher Sickerwassermenge in mm (x) für den Beobachtungszeitraum Juli 1976 bis März 1978 bzw. Juli 1976 bis April 1980

Beobachtungszeitraum	Höhe d. Bodensäule in cm	Formel	n	B	Korrelationskoeffizient r	r_1	r_2
Juli 1976 bis März 1978	100	$y = -76{,}48 + 13{,}72x$	21	0,87	0,93+++		
		$y = 11{,}1 + 0{,}085x^2 + 6{,}59x$	21	0,90		0,94+++	0,93+++
		$y = 99{,}37 + 0{,}16x^2$	21	0,88	0,94+++		
	300	$y = -240{,}56 + 38{,}78x$	21	0,92	0,96+++		
		$y = 142{,}78 + 0{,}34x^2 + 7{,}52x$	21	0,97		0,98+++	0,96+++
		$y = 234{,}47 + 0{,}41x^2$	21	0,97	0,98+++		
Juli 1976 bis April 1980	100	$y = -25{,}44 + 10{,}83x$	46	0,46	0,68+++		
		$y = 4{,}68 + 0{,}035x^2 + 8{,}19x$	46	0,46		0,70+++	0,68+++
		$y = 91{,}85 + 0{,}14x^2$	46	0,49	0,70+++		
	300	$y = -156{,}21 + 24{,}93x$	46	0,60	0,78+++		
		$y = 442{,}63 + 0{,}57x^2 - 21{,}69x$	46	0,80		0,87+++	0,78+++
		$y = 145{,}28 + 0{,}33x^2$	46	0,76	0,87+++		

des vergleichsweise längeren Versuchszeitraums durch ein insgesamt geringeres Bestimmtheitsmaß charakterisiert sind. Die Ursachen dürften weitere die N-Auswaschung beeinflussende, aber mit der einfach linearen bzw. quadratischen Regression nicht zu erfassende Faktoren sein. Andererseits beweisen die hohen Sicherungsgrade des Korrelationskoeffizienten, daß die Sickerwassermenge von entscheidendem Einfluß auf den N-Austrag ist. Dieser Einfluß läßt sich sehr gut durch die lineare Regression sowie durch den Formelausdruck $y = a + bx^2$ beschreiben, so daß bei den 300 cm hohen Lysimetern 60 bzw. 76 Prozent der monatlichen N-Auswaschungsraten aus den veränderten Sickerwassermengen abgeleitet werden können.

Die für die einzelnen Versuchsjahre sowie wasserwirtschaftlichen Sommer- und Winterhalbjahre berechneten Regressionen sind in der Tafel 2 dargestellt. Auch hier sind die Bestimmtheitsmaße der in den 300 cm hohen Lysimetern erhobenen Meßreihen vorwiegend höher als die der Meßkollektive „100 cm". Die Ausnahme bilden das Anlaufjahr 1977 und die wasserwirtschaftlichen Sommerhalbjahre 1977 und 1979. Für die wasserwirtschaftlichen Sommermonate des gesamten Versuchszeitraums sind die berechneten Regressionen durch ein beträchtlich höheres Bestimmtheitsmaß charakterisiert als die der wasserwirtschaftlichen Wintermonate. Für beide Beobachtungsreihen bestehen sehr gut gesicherte Abhängigkeiten zwischen Sickerwasserspende und N-Austrag. Diese Differenzierungen und die fehlende Korrelation zwischen N-Austrag und Sickerwassermenge bei einigen Meßkollektiven der wasserwirtschaftlichen Winter- bzw. Sommerhalbjahre lassen vermuten, daß noch andere Einflußfaktoren als die Sickerwasserspende die N-Auswaschungsverluste entscheidend beeinflussen (wie z. B. der Bodenvorrat an auswaschbaren N-Verbindungen, das Lösungsverhalten der Nitrate, die Düngung, das N-Mobilisierungs- und Fixierungsvermögen des Bodens sowie der N-Entzug durch wachsende Pflanzenbestände). Da dieser Faktorenkomplex zur Zeit noch nicht beherrscht wird, wurde der indirekte Weg gewählt, um den Einfluß dieser Faktoren auf die N-Auswaschungsverluste zu ermitteln. Zu diesem Zweck ist die Konzentration im Sickerwasser als eine weitere Größe in die Korrelationsanalyse eingeführt worden.

Tafel 2 **Korrelationen zwischen monatlicher $N_{ges.}$-Auswaschung in mgN/m² (y) und monatlicher Sickerwassermenge in mm (x) für die Versuchsjahre 1977, 1978 und 1979 sowie für die wasserwirtschaftlichen Sommer- und Winterhalbjahre der einzelnen Jahre und des Versuchszeitraumes Juli 1976 bis April 1980**

Beobachtungszeitraum Jahr	Bodensäule in cm	Formel	n	B	r	Bemerkungen
1977	100	$y = -84,94 + 13,44x$	24	0,61	$0,78^{+++}$	Speisemöhre
		$y = 49,16 + 0,28x^2$	24	0,66	$0,81^{+++}$	(108 kg N/ha)
	300	$y = 98,23 + 15,35x$	24	0,36	$0,60^{+++}$	
		$y = 233,97 + 0,38x^2$	24	0,32	$0,56^{++}$	
1978	100	$y = 52,31 + 6,44x$	24	0,35	$0,59^{++}$	Winterroggen
		$y = 131,49 + 0,06x^2$	24	0,19	$0,43^{+}$	(50 + 30 kg N/ha)
	300	$y = 61,99 + 16,72x$	24	0,91	$0,95^{+++}$	
		$y = 250,89 + 0,20x^2$	24	0,86	$0,93^{+++}$	
1979	100	$y = -205,41 + 17,70x$	24	0,30	$0,55^{++}$	Zuckerrübe
		$y = -19,83 + 0,29x^2$	24	0,40	$0,63^{++}$	(140 + 120 kg N/ha)
	300	$y = -348,60 + 24,58x$	24	0,52	$0,72^{+++}$	
		$y = 5,51 + 0,35x^2$	24	0,63	$0,80^{+++}$	
Winterhalbjahr (November bis April)						
1976/77	100	$y = -74,30 + 9,75x$	12	0,60	$0,77^{++}$	Brache
		$y = 2,04 + 0,26x^2$	12	0,68	$0,83^{+++}$	
	300	$y = -12,45 + 30,44x$	12	0,90	$0,95^{+++}$	
		$y = 113,97 + 1,23x^2$	12	0,93	$0,96^{+++}$	
1977/78	100	$y = -42,80 + 11,47x$	12	0,53	$0,73^{++}$	Winterroggen
		$y = 49,18 + 0,28x^2$	12	0,57	$0,76^{++}$	
	300	$y = 43,72 + 19,53x$	12	0,69	$0,83^{+++}$	
		$y = 205,17 + 0,52x^2$	12	0,60	$0,77^{++}$	
1978/79	100	$y = 95,04 - 1,15x$	12	0,05	0,21	Futterroggen
		$y = 88,23 - 0,03x^2$	12	0,09	0,30	
	300	$y = 173,45 + 4,72x$	12	0,48	$0,69^{+}$	
		$y = 115,34 + 0,10x^2$	12	0,55	$0,74^{++}$	
1979/80	100	$y = 76,60 + 11,26x$	12	0,16	0,40	Brache
		$y = 2,05 + 0,14x^2$	12	0,10	0,31	
	300	$y = -286,90 + 21,07x$	12	0,49	$0,70^{+}$	
		$y = 48,19 + 0,26x^2$	12	0,50	$0,71^{++}$	
gesamt	100	$y = -110,17 + 12,44x$	48	0,28	$0,53^{+++}$	
		$y = 36,57 + 0,18x^2$	48	0,30	$0,55^{+++}$	
	300	$y = 51,59 + 13,26x$	48	0,36	$0,60^{+++}$	
		$y = 195,16 + 0,20x^2$	48	0,40	$0,63^{+++}$	
Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober)						
1977	100	$y = -43,31 + 13,09x$	12	0,69	$0,83^{+++}$	
		$y = 78,43 + 0,26x^2$	12	0,71	$0,84^{+++}$	
	300	$y = 12,56 + 103,86x$	12	0,29	0,54	
		$y = 230,35 + 0,29x^2$	12	0,29	0,54	
1978	100	$y = 101,55 + 5,67x$	12	0,31	0,56	
		$y = 167,15 + 0,05x^2$	12	0,15	0,39	
	300	$y = 55,88 + 16,54x$	12	0,94	$0,97^{+++}$	
		$y = 222,36 + 0,20x^2$	12	0,94	$0,97^{+++}$	
1979	100	$y = 77,15 + 8,07x$	12	0,32	0,56	
		$y = 170,60 + 0,13x^2$	12	0,23	0,48	
	300	$y = 266,19 + 2,08x$	12	0,01	0,08	
		$y = 269,90 - 0,09x^2$	12	0,02	0,16	
gesamt	100	$y = 38,76 + 10,10x$	44	0,56	$0,75^{+++}$	
		$y = 155,71 + 0,11x^2$	44	0,48	$0,69^{+++}$	
	300	$y = -282,94 + 32,32x$	44	0,76	$0,87^{+++}$	
		$y = 156,10 + 0,36x^2$	44	0,87	$0,93^{+++}$	

Korrelation zwischen N-Auswaschung, Sickerwassermenge und N-Konzentration im Sickerwasser

Die in der Tafel 3 zusammengestellten Ergebnisse der mehrfach linearen Regressionsanalyse für $y = a + b_1x_1 + b_2x_2$ beweisen, daß die Korrelationen wesentlich enger werden als bei der Betrachtung von zwei Meßreihen. Der Einfluß der N-Konzentration im Sickerwasser auf die Höhe des monatlichen N-Austrags ist besonders deutlich bei den Meßkollektiven ausgeprägt, die nach der einfach linearen Regression keine gesicherten Abhängigkeiten aufweisen und/oder durch geringere Bestimmtheitsmaße gekennzeichnet sind. In all diesen Fällen werden mit der mehrfach linearen Regression deutlich höhere Bestimmtheitsmaße und zum Teil sehr gut gesicherte Abhängigkeiten zwischen y (N-Austrag) und x_2 (N-Konzentration) beobachtet. Das trifft u. a. für die Wintermonate des gesamten Beobachtungszeitraums zu. In den 100 cm hohen Lysimetern hat die Beziehung zwischen y zu x_1 (Sickerwassermenge) einen Korrelationskoeffizienten von 0,53. Zwischen y und x_2 (N-Konzentration) besteht eine Korrelation von $r_2 = 0,87$. Da alle drei Meßreihen in wechselseitiger Abhängigkeit stehen, erhöht sich das Bestimmtheitsmaß von $B = 0,28$ bei der einfach linearen Regression auf $B = 0,87$ bei der mehrfach linearen Regression. In den 300 cm hohen Lysimetern ist der Einfluß der N-Konzentration auf den durchschnittlichen monatlichen N-Austrag während des Winterhalbjahres geringer ($r_2 = 0,38$), und es gewinnt die Sickerwassermenge ($r_1 = 0,60$) an Bedeutung.

Beachtenswert ist, daß die für die einzelnen Winterhalbjahre berechneten mehrfach linearen Regressionen bei den 100 cm hohen Lysimetern stets eine gesicherte Abhängigkeit des N-Austrags (y) von der N-Konzentration (x_2) erkennen lassen. 1978/79 bzw. 1979/80 konnten Bestimmtheitsmaße von 0,50 bzw. 0,98 errechnet werden, die denen der einfach linearen Regressionen von 0,05 bzw. 0,16 deutlich überlegen sind. Die Regressionsanalysen für die 300 cm hohen Bodensäulen zeigen in den ersten drei Winterhalbjahren einen völlig veränderten Sachverhalt. Hier bestimmen ausschließlich

Tafel 3 **Korrelationen zwischen monatlicher $N_{ges.}$-Auswaschung in mgN/m² (y), monatlicher Sickerwassermenge in mm (x_1) und N-Konzentration (mgN/l) im Sickerwasser (x_2) für die Versuchsjahre 1977, 1978 und 1979 sowie für die wasserwirtschaftlichen Sommer- und Winterhalbjahre der einzelnen Jahre und des Versuchszeitraums Juli 1976 bis April 1980**

Beobachtungszeitraum	Bodensäule in cm	Formel	Mittelwerte y (mgN/m²)	x_1 (mm)	x_2 (mgN/l)	n	B	r_1	r_2
Jahr									
1977	100	$y = -213,52 + 11,53x_1 + 18,97x_2$	188,21	20,32	8,83	24	0,96	$0,78^{+++}$	$0,72^{++}$
	300	$y = -379,09 + 19,70x_1 + 18,68x_2$	377,11	18,17	21,32	24	0,93	$0,60^{++}$	$0,60^{++}$
1978	100	$y = -168,81 + 6,10x_1 + 25,91x_2$	179,95	19,81	8,79	24	0,84	$0,59^{++}$	$0,73^{+++}$
	300	$y = -245,10 + 17,79x_1 + 13,59x_2$	379,64	19,00	21,10	24	0,99	$0,95^{+++}$	0,07
1979	100	$y = -414,55 + 12,89x_1 + 37,16x_2$	306,20	28,90	9,37	24	0,82	$0,55^{++}$	$0,82^{+++}$
	300	$y = -545,94 + 16,94x_1 + 38,27x_2$	321,86	27,28	10,60	24	0,94	$0,72^{+++}$	$0,85^{+++}$
gesamt	100	$y = -292,04 + 10,31x_1 + 29,18x_2$	237,02	24,23	9,57	46	0,81	$0,68^{+++}$	$0,63^{+++}$
	300	$y = -746,30 + 26,60x_1 + 29,42x_2$	408,57	22,65	18,77	46	0,87	$0,78^{+++}$	$0,44^{++}$
Sommerhalbjahr									
1977	100	$y = -238,39 + 11,65x_1 + 21,25x_2$	248,01	22,26	10,69	12	0,96	$0,83^{+++}$	$0,65^{+}$
(Mohrrübe)	300	$y = -495,08 + 19,13x_1 + 25,80x_2$	386,75	22,52	17,48	12	0,99	0,54	$0,62^{+}$
1978	100	$y = -186,18 + 5,60x_1 + 28,17x_2$	224,42	21,66	10,27	12	0,86	0,56	$0,75^{++}$
(W.-Roggen)	300	$y = -254,08 + 17,92x_1 + 13,09x_2$	424,99	22,25	21,42	12	0,99	$0,97^{+++}$	0,12
1979	100	$y = -110,31 + 8,07x_1 + 16,26x_2$	257,30	22,31	11,53	12	0,97	0,56	$0,81^{++}$
(Zuckerrübe)	300	$y = -178,06 + 6,62x_1 + 24,25x_2$	219,52	22,49	10,25	12	0,99	-0,08	$0,97^{+++}$
gesamt	100	$y = -207,05 + 10,18x_1 + 20,50x_2$	269,01	22,81	11,89	44	0,80	$0,75^{+++}$	$0,48^{+++}$
	300	$y = -830,46 + 32,02x_1 + 30,34x_2$	500,13	24,24	19,35	44	0,92	$0,87^{+++}$	$0,55^{+++}$
Winterhalbjahr									
1976/77	100	$y = -136,34 + 7,78x_1 + 17,60x_2$	113,77	19,51	5,57	12	0,97	$0,77^{++}$	$0,78^{++}$
(Brache)	300	$y = -359,57 + 33,18x_1 + 10,17x_2$	336,01	11 61	30 51	12	0 98	$0 95^{+++}$	-0 01
1977/78	100	$y = -168\ 43 + 8\ 88x_1 + 20\ 30x_2$	176 26	19 14	8,60	12	0,90	$0,73^{++}$	$0,78^{++}$
(Winterroggen)	300	$y = -256,03 + 19,85x_1 + 13,16x_2$	345,78	15,47	22,40	12	0 94	$0 83^{+++}$	0,50
1978/79	100	$y = - 42,54 + 1,87x_1 + 13,92x_2$	67,94	23,49	4,79	12	0,50	-0,21	$0,65^{+}$
(Futterroggen)	300	$y = -161,06 + 8,62x_1 + 15,77x_2$	176,32	21,78	9,48	12	0,86	$0,69^{+}$	0,02
1979/80	100	$y = -413,40 + 6,73x_1 + 62,17x_2$	472,82	40,20	9,90	12	0,98	0,40	0,97
(Brache)	300	$y = -492,55 + 11,79x_1 + 48,78x_2$	463,49	35,61	11,10	12	0,94	$0,70^{+}$	$0,90^{+++}$
gesamt	100	$y = -353,32 + 8,62x_1 + 47,15x_2$	207,52	25,53	7,23	48	0,87	$0,53^{+++}$	$0,87^{+++}$
	300	$y = -451,73 + 18,63x_1 + 21,22x_2$	331,65	21,12	18,37	48	0,76	$0,60^{+++}$	$0,38^{+++}$

die Sickerwassermengen die Höhe des monatlichen N-Austrags, und erst im Winterhalbjahr 1979/80 wird ein hochsignifikanter Einfluß von x_2 ($r_2 = 0,90$) beobachtet.

Der bei den verschieden hohen Bodensäulen unterschiedlich zu wichtende Einfluß von Sickerwassermenge und N-Konzentration im Sickerwasser auf die N-Auswaschungsverluste läßt sich nicht damit erklären, daß unter sonst vergleichbaren Versuchsbedingungen höhere Sickerwasserabflüsse eine vergleichsweise niedrigere N-Konzentration im Sickerwasser zur Folge haben müssen und umgekehrt. Ganz im Unterschied zu dieser Hypothese weisen die Parkolate der 300 cm hohen Lysimeter vor allem in den ersten Versuchsjahren N-Konzentrationen auf, die im Vergleich zu den Sickerwasserabflüssen der 100 cm hohen Lysimeter unverhältnismäßig hoch sind. Das bestätigt die Vermutung, wonach die durch die Bodenumlagerung induzierte N-Mineralisation bei den 300 cm hohen künstlich geschütteten Bodenmonolythen stärker verläuft und länger anhält als bei den 100 cm hohen Bodensäulen. /4/ Die Folge sind höhere Bodenvorräte an auswaschbaren N-Verbindungen. Diese waren zu Beginn der Winterhalbjahre 1976/77, 1977/78 und 1978/79 vermutlich so hoch, daß bei ausreichender Durchfeuchtung des Bodens größere N-Mengen in Lösung gehen konnten (Lösungsgleichgewicht) und schließlich ausgewaschen wurden. In solchen Fällen dürften die N-Auswaschungsverluste stärker von der Sickerwassermenge als von den N-Vorräten im Boden bzw. den davon und von der Sickerwassermenge beeinflußten N-Konzentrationen im Sickerwasser bestimmt werden. Andererseits gewinnt die N-Konzentration im Sickerwasser für die Höhe der N-Auswaschungsverluste in dem Maße an Bedeutung, wie die Bodenvorräte an auswaschbaren N-Verbindungen abnehmen und die N-Konzentration im Sickerwasser begrenzen (wie z. B. während der Wintermonate bei den 100 cm hohen Bodensäulen und ab 1979/80 auch bei den 300 cm hohen Lysimetern).

Die N-Konzentration im Sickerwasser ist im weiteren von der Temperatur des Lösungsmittels abhängig. Im Winterhalbjahr begrenzen neben den Vorräten an auswaschbaren N-Verbindungen (vorwiegend Nitrate) die Bodentemperaturen die Höhe der N-Konzentration im Sickerwasser. Bei niedrigen Temperaturen ist die Löslichkeit der Salze (Nitrate) eingeschränkt. Das, was von den auswaschbaren N-Bodenvorräten tatsächlich ausgewaschen werden kann, wird so von der Sickerwassermenge und direkt von der Höhe des N-Bodenvorrats bestimmt. Die Löslichkeit der Nitrate ist jedoch bei einer Temperatur des Lösungsmittels von 0 °C z. B. von KNO_3 mit 11,6 g in 100 g Lösung (Wasser) immer noch so hoch, daß erhebliche N-Mengen ausgewaschen werden können, wenn es zur Ausbildung von Sickerwasser kommt. Die Sickerwasserneubildung ist zu Zeiten starker Bodenfröste unterbrochen bzw. erheblich beeinflußt. Dabei wird die Höhe der N-Auswaschungsverluste im Winterhalbjahr vermutlich noch vom Vorgang des Gefrierens und Auftauens des Bodens sowie von der Häufigkeit dieses Vorganges mitbestimmt. Die starke Abnahme des multiplen Bestimmtheitsmaßes bei den 100 cm hohen Lysimetern von 0,97 im Winterhalbjahr 1976/77 auf 0,50 im Winterhalbjahr 1978/79 könnte so durch den relativ strengen Winter 1978/79 verursacht worden sein.

Im Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) scheidet die Bodentemperatur als lösungsbegrenzender Faktor aus, und die N-Konzentration ist in viel stärkerem Maße von dem N-Bodenvorrat und den Bodenwassergehalten abhängig. In dieser Zeit vermindern die wachsenden Pflanzenbestände die N-Auswaschungsverluste, indem sie bedeutende Anteile des gelösten NO_3^--Stickstoffs dem Boden entziehen und damit vor der Auswaschung bewahren. Diese die N-Auswaschung mindernde Wirkung wachsender Pflanzenbestände ist nicht mehr so deutlich gegeben, wenn kurzfristig hohe Sickerwassermengen auftreten. Diese verlagern die Nährstoffe sehr rasch aus der Ackerkrume in die nicht von Pflanzenwurzeln erschlossenen Bodenbereiche. Demzufolge war unter den Versuchsbedingungen der Zusatzberegnung (Höhe der Einzelregengabe 20 mm) der Einfluß der Sickerwassermenge auf die N-Auswaschungsverluste in den Sommermonaten durchschnittlich größer als in den Wintermonaten (Tafel 2). Die Beziehungen zwischen N-Austrag (y) und Sickerwassermenge (x_1) sind in den Sommermonaten durch den Korrelationskoeffizienten (r_1) von 0,75 (100 cm) bzw. 0,87 (300 cm) gekennzeichnet.

Der ebenfalls hochsignifikante Einfluß der N-Konzentration (x_2) wird durch die Korrelationskoeffizienten (x_2) von 0,48 bzw. 0,55 charakterisiert. Er beweist, daß neben der Sickerwassermenge auch die Bodenvorräte an auswaschbaren Stickstoffverbindungen den durchschnittlichen monatlichen N-Austrag aus den zusätzlich bewässerten Bodenflächen bestimmen. Auch die für die einzelnen Versuchsjahre (Kalenderjahre) berechneten mehrfach linearen Regressionen belegen den hochsignifikanten Einfluß von Sickerwassermenge und N-Konzentration im Sickerwasser auf die Höhe der monatlichen N-Austräge. Sie zeigen, daß die jahresweisen Regressionen in hohem Maße von den Verhältnissen geprägt werden, die in den Sommermonaten vorliegen.

Schlußfolgerungen

- Auf den landwirtschaftlich genutzten Sandböden bestehen zwischen der monatlichen $N_{ges.}$-Auswaschungsrate (y) und der monatlichen Sickerwassermenge (x) korrelative Zusammenhänge, die mit der linearen Regressionsfunktion $y = a + bx$ bzw. dem Formelausdruck $y = a + bx^2$ ausreichend genau wiedergegeben werden.
- Die Beziehungen zwischen N-Austrag und Sickerwassermenge sind im Versuchsdurchschnitt bei den höheren Lysimetern

enger und demzufolge durch höhere Korrelationskoeffizienten gekennzeichnet. Die Korrelationskoeffizienten von $r = 0{,}68^{+++}$ (100 cm) und $r = 0{,}78^{+++}$ (300 cm) belegen, daß für die Berechnung des N-Austrags aus Sandböden bzw. des N-Eintrags in das Grundwasser die Sickerwassermenge von hervorragender Bedeutung ist.

- Die Höhe der monatlichen N-Auswaschungsrate ist im weiteren von den im Sickerwasser vorgefundenen N-Konzentrationen abhängig. Diese wiederum sind beeinflußt von:

— den Bodenvorräten an wasserlöslichen N-Verbindungen und damit von der N-Düngung,

— den N-Mobilisierungs- und Fixierungsvorgängen im Boden und dem N-Entzug durch die Pflanzen sowie

— der Löslichkeit der Nitrate bzw. deren Lösungsbedingungen (wie Temperatur des Lösungsmittels, Bodenwassergehalt, Gefrieren und Auftauen des Bodens).

Damit erfaßt die N-Konzentration im Sickerwasser indirekt den über die Sickerwassermenge (x) hinaus wirkenden Einfluß dieses Faktorenkomplexes auf den N-Austrag.

- Die durchgeführten Regressionsanalysen für $y = a + b_1x_1 + b_2x_2$ bestätigen, daß sowohl zwischen N-Austrag (y) und Sickerwassermenge (x_1) als auch zwischen N-Austrag (y) und N-Konzentration im Sickerwasser (x_2) signifikante Abhängigkeiten bestehen. Bei der Betrachtung von drei Meßreihen werden stets höhere Bestimmtheitsmaße errechnet.

- Der Einfluß von Sickerwassermenge und N-Konzentration im Sickerwasser auf die N-Auswaschungsrate ist in den Winter- und Sommermonaten unterschiedlich zu werten. Die nicht bzw. nur im Jahre 1976 von der Bodenumlagerung beeinflußten Meßergebnisse der 100 cm hohen Lysimeter lassen vermuten, daß unter den Bedingungen der künstlichen Bewässerung die N-Austräge im Sommerhalbjahr stärker von der Sickerwassermenge beeinflußt sind ($r_1 = 0{,}75^{+++}$, $r_2 = 0{,}48^{+++}$) als im Winterhalbjahr. Im Winterhalbjahr bestimmt neben dem Sickerwasser ($r_1 = 0{,}53^{+++}$) vor allem die N-Konzentrationen ($r_2 = 0{,}87^{+++}$) die Höhe der N-Auswaschungsrate.

- Mathematische Modelle zur Berechnung der N-Auswaschungsverluste müssen die die Sickerwasserbildung verursachenden und die N-Konzentration im Sickerwasser begrenzenden Faktoren berücksichtigen.

Literatur

/1/ *Czeratzki, W.:* Die Stickstoffauswaschung in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Landbauforschung Volkenrode 23 (1973), S. 1—18

/2/ *Gluga, G.:* Zur Berechnung des aktuellen Wassergehaltes und Gravitationswasserabflusses im Boden. Diss., Leipzig, 1970

/3/ *Katzur, J.* und *Mrosko, A.:* Erste Ergebnisse des Lysimeterversuches „Grünewald" zur Sickerwasserspende und zum Einfluß von N-Serve und Strohdüngung auf den N-Austrag aus einer landwirtschaftlich genutzten Sand-Rosterde. WWT 31 (1981) 10, S. 351—355

/4/ *Weise, K.:* Über die Wirkung meliorativen Pflügens sowie künstlicher Beregnung auf den Wasserhaushalt, die Nährstoffauswaschung und die Erträge sandiger Ackerböden. Alb. Thaer-Archiv 14 (1970), S. 517—530

Erfahrungen beim Aufbau von Unterdrucklysimetern mit Diaphragmenfilterkerzen

Dr.-Ing. Gerd KLEINSTÄUBER

Beitrag aus dem Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg der AdL, Bereich Jena

Das Einwirken von Unterdruck auf die unterste Schicht der Bodensäule eines Lysimeters ist entscheidend dafür, daß die Untersuchungen des Boden- und Pflanzenwasserhaushalts mit der Lysimetermethode mit denjenigen unter Feldbedingungen vergleichbar sind.
Unterdrucklysimeter sind prinzipiell so konstruiert, daß die betreffende Bodensäule durch eine keramische Trennwand bestimmter Porosität von dem Wasser- bzw. Vakuumgefäß getrennt wird. Je nach Ausführungsform dieser Trennwand sind Unterdrucklysimeter verschiedenartiger Konstruktion bekannt. Bei kleineren Grundflächen, vorwiegend bei zylindrischen Lysimeterbehältern, kommen keramische Platten zum Einsatz. /1, 2, 3/ Solche Platten sind aus fertigungstechnischen Gründen in ihrer Größe begrenzt. Beim Aufbau von Unterdrucklysimetern mit prismatischen Behältern größerer Grundfläche müßte eine Aufteilung der keramischen Platte in Einzelplatten erfolgen. /4/ Vorteilhafter kommen in diesem Fall keramische Kerzen zur Anwendung. /4—8/ Diese Kerzen werden mit Schläuchen zu größeren Einheiten verbunden. Diese wiederum münden in einen unter Vakuum stehenden Wasserabscheider.
Der Vorteil dieses Prinzips liegt vor allem darin, daß der Lysimeterbehälter konstruktiv nicht für die Anwendung von Unterdruck vorbereitet werden muß. Durch das Einbringen eines solchen Einsatzes kann in einfacher Weise ein normaler Lysimeterbehälter als Unterdrucklysimeter betrieben werden. Dieser Einsatz besteht aus einer entsprechenden Anzahl keramischer Filterkerzen, die über ein Sammelrohr miteinander verbunden sind. Aus DDR-eigener Produktion bieten sich für die genannten Kerzen Diaphragmenfilterkerzen an. Sie werden kommerziell für spezielle Filterzwecke und als poröse Scheidewände zur einwandfreien Trennung der Reaktionsräume bei elektrolytischen Prozessen verwendet. Beim Alleinhersteller, dem VEB Filterwerk Meißen, liegen keine Kenntnisse über die Eigenschaften dieser Filterkerzen im Hinblick auf das vorliegende Anwendungsgebiet vor. Die applikativ bezogene Untersuchung dieser Eigenschaften und die Vermittlung von Erfahrungen, die beim Aufbau von Unterdrucklysimetern mit solchen Filterkerzen gemacht wurden, sollen in der vorliegenden Arbeit vorgestellt werden.

Material und Methoden

An das keramische Material, das zum Aufbau von Unterdrucklysimetern verwendet wird, werden zwei miteinander im Widerspruch stehende Forderungen gestellt:

— Möglichst große Wasser- bzw. Perkolatdurchlässigkeit verlangt hohe offene Porosität und möglichst große Porendurchmesser des keramischen Materials.

— Die gewünschte geringe Vakuumminderung im für die Absaugung erforderlichen Vakuumsystem, d. h. also ein möglichst geringer Lufteintritt, wird andererseits nur durch kleine Werte dieser beiden Größen erreicht.

Der vom VEB Filterwerk Meißen hergestellte keramische Filterstein /9/ wird in verschiedenen Bereichen des Porendurchmessers zwischen 25 µm und 200 µm angeboten. Bei diesem Material wird selbst an der unteren Grenze der Porendurchmesser der angestrebte Kompromiß nicht erreicht.

Günstiger liegen die Verhältnisse bei Diaphragmenmaterial. Im Hinblick auf das genannte Hauptanwendungsgebiet dieses Materials mußte bei seiner Entwicklung ein ähnlicher Kompromiß in der offenen Porosität und im Porendurchmesser angestrebt werden. Dieser Kompromiß resultiert aus der Forderung nach einer möglichst geringen Widerstandserhöhung des Elektrolyten bei weitgehender Ausschaltung unerwünschter Diffusion zwischen Anoden- und Kathodenraum.

Diaphragmenfilterkerzen werden aus ton- und quarzhaltigem Ausgangsmaterial im Gießverfahren hergestellt. Durch Zugabe spezieller Zuschlagstoffe (Kieselgur) kann gezielt eine definierte offene Porosität bei bestimmten Porendurchmessern erreicht werden.

Für die Beurteilung der Eignung von Diaphragmenfilterkerzen zum Aufbau von Unterdrucklysimetern sind ihre Luft- und Wasserdurchlässigkeit wesentliche Kenngrößen. Beide Größen werden sowohl durch die offene Porosität und die Porenvolumenverteilung des Diaphragmenmaterials als auch durch geometrische Einflußgrößen (Wandstärken u. a.) der Filterkerzen bestimmt. Für eine quantitative Beurteilung ist es erforderlich, die genannten Größen experimentell zu bestimmen.

Bestimmung der offenen Porosität und der Porenvolumenverteilung

Die offene Porosität und die Porenvolumenverteilung des keramischen Materials werden mit einem Quecksilber-Hochdruck-Porosimeter bestimmt. /10/ Mit diesem Gerät können die integrale und die differentielle Porenvolumenverteilung bis zu einem Po-

renradius von 7,5 µm ermittelt werden. Die meßbare untere Grenze des Porenradius hängt vom erreichbaren Enddruck ab. Bei einem Enddruck von 9,81 · 10⁷ Pa beträgt diese untere Grenze 7,5 · 10^{-3} µm und bei 1,96 · 10^8 Pa beträgt sie 3,7 · 10^{-3} µm.

Bestimmung der Luftdurchlässigkeit

Bei Anschluß einer oder mehrerer Diaphragmenfilterkerzen an ein bestehendes Vakuumsystem wird der Lufteintritt in dieses System vornehmlich über die porösen Filterkerzen erfolgen. Das Vakuumsystem wird dadurch künstlich mit sogenannten „Porenlecks" versehen. /11/

Um die Luftdurchlässigkeit der Diaphragmenfilterkerzen charakterisieren zu können, wurde der in der Vakuumtechnik verwendete Leckgasstrom oder kurz die Leckrate herangezogen. Als Lecks (genauer reelle Lecks) werden dort die Stellen in der Wandung eines Rezipienten bezeichnet, an der Gase aus äußeren Gasquellen in diesen einströmen können. Der durch Lecks fließende Gasstrom heißt Leckrate I_L. Sie kann nach der Druckanstiegsmethode bestimmt werden. /11/ Allgemein wird der Vorgang des eintretenden Druckanstiegs in einem vom Vakuumerzeuger getrennten Rezipienten (Volumen V, Innendruck p_1, Außendruck p_2) infolge durch Lecks nachströmender Luft durch die Differentialgleichung (1) beschrieben.

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{I_L}{V} = \frac{c}{V}\,(p_2^{\,n} - p_1^{\,n}) \qquad (1)$$

Die Größen c und n werden dabei durch die vorliegende Strömungsart (viskose, molekulare oder Übergangsströmung) bestimmt. Unter der Voraussetzung, daß der Druck im Rezipienten p_1 stets sehr klein gegen den konstanten Außendruck p_2 bleibt, erfolgt der Druckanstieg direkt proportional mit der Zeit:

$$p_1\,(t) = p_1\,(0) + \frac{c p_2^{\,n}}{V}\,(t - t_0)\,, \qquad (2)$$

$(p_1^{\,n} \ll p_2^{\,n};\ p_2 = \text{konst.})$

Dieser lineare Teil der Druckanstiegskurve wird für die Ermittlung der Leckrate herangezogen. Die Leckrate ergibt sich aus

$$I_L = \frac{V \cdot \Delta p_1}{\Delta t}\,.$$

Sie ist unter oben genannter Voraussetzung unabhängig vom Innendruck p_1 des Rezipienten.

Beim Einsatz von Filterkerzen im Unterdrucklysimeter ist die Voraussetzung $p_1 \ll p_2$ nicht erfüllt. Der angelegte Druck p_1, der von der Saugspannung des jeweiligen Bodens abgeleitet wird, liegt in jedem Falle im Bereich des Grob- bzw. Zwischenvakuums (Atmosphärendruck $> p_1 >$ 1,33 · 10^2 Pa). /12/ Unter diesen Bedingungen wird der zeitliche Druckanstieg beim Einströmen von Luft durch die Filterkerzen in das Vakuumsystem durch Lösung der Gleichung (1) ohne einschränkende Bedingungen ermittelt. Durch Trennung der Veränderlichen erhält man unter Annahme viskoser Strömung das allgemeine Integral

$$\frac{V}{2p_2 c}\,\ln\frac{p_1(t) + p_2}{p_1(t) - p_2} - t = K\,.$$

Dabei stellt K die Integrationskonstante dar. Nach Einsetzen der durch den Sollwert der Bodensaugspannung vorgegebenen Anfangsbedingung ergibt sich das spezielle Integral zu

$$p_1(t) = -p_2 \cdot \frac{1 + \dfrac{p_1(0) + p_2}{p_1(0) - p_2} \cdot \exp\dfrac{2p_2 c}{V}\,t}{1 - \dfrac{p_1(0) + p_2}{p_1(0) - p_2}\,\exp\dfrac{2p_2 c}{V}\,t} \qquad (3)$$

Kann der Innendruck gegenüber dem Außendruck nicht vernachlässigt werden, ergibt sich ein nichtlinearer Druckanstieg (Gleichung 3). Die sich aus der Beziehung

$$I_L = V\,\frac{dp_1(t)}{dt}$$

ergebende Leckrate ist in diesem Falle nicht konstant, sondern vom Innendruck abhängig. Während des zeitlichen Druckanstiegs im Vakuumsystem ändert sich auch ständig die Leckrate. Ein Vergleich der Filterkerzen bezüglich ihrer Luftdurchlässigkeit an Hand der Leckrate ist aber auch in diesem Fall möglich. Dazu werden Anfangsdruck $p_1(0)$ und der Außendruck p_2 konstant gehalten. Die Bestimmung des Druckanstieges wird stets nach der gleichen Zeit Δt vom Beginn des Abtrennens des Vakuumerzeugers vorgenommen:

$$I_L\Big|_{t=0} \approx V\,\frac{p_1(\Delta t) - p_1(0)}{\Delta t}\,.$$

Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit

Bei der Bestimmung der Luftdurchlässigkeit wird der Druckanstieg in einem Vakuumbehälter als Maß für die eindringende Luftmenge ermittelt. Analog dazu erfolgt die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit V_W der Diaphragmenfilterkerzen dadurch, daß die in einer bestimmten Zeiteinheit in das Vakuumsystem eindringende Wassermenge erfaßt wird. Deshalb wurde zwischen Diaphragmenfilterkerze und Vakuumbehälter ein kalibrierter Wasserabscheider geschaltet. An diesem konnte das während einer bestimmten Zeit abgesaugte Wasservolumen abgelesen werden.

Untersuchungsergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchung zur Bestimmung der *Porenvolumenverteilung* und der *offenen Porosität* des keramischen Materials der Diaphragmenfilterkerzen und der anderen keramischen Materialien, die zum Zweck des Vergleichs ebenfalls untersucht wurden, sind in Tafel 1 und Bild 1 dargestellt.

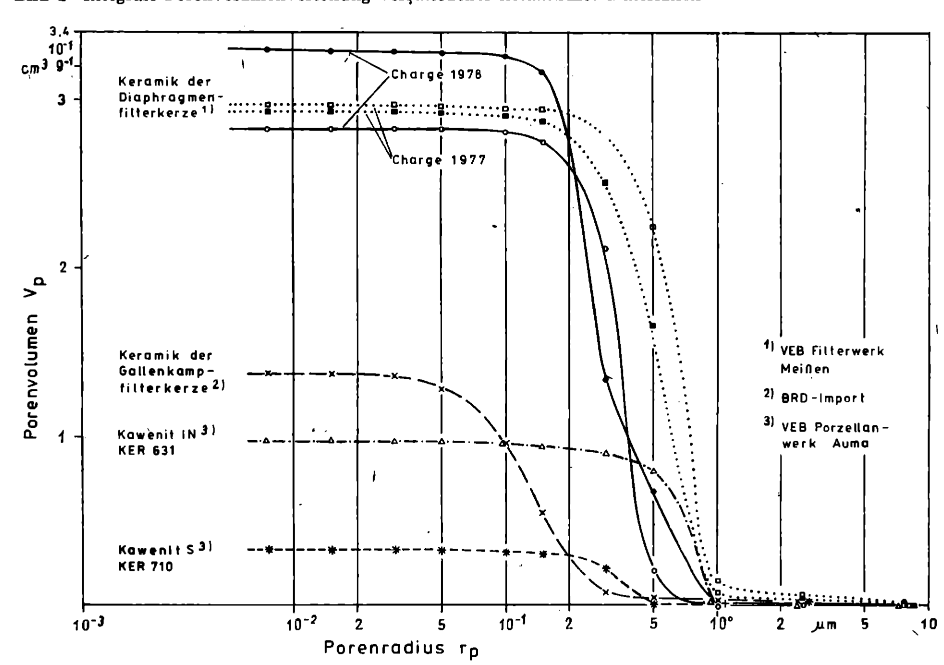
Für das keramische Material der Diaphragmenfilterkerzen ergibt sich im Mittel, daß nahezu alle Poren einen Porenradius $r_p > 10^{-1}$ µm besitzen. Der Anteil der Poren mit einem Porenradius $r_p > 1$ µm beträgt nur etwa 2 Prozent. Beim Material der Gallenkampfilterkerzen, ist der Bereich der

Tafel 1 **Überwiegend vorkommende Porenradien und offene Porosität verschiedener keramischer Materialien**

Keramisches Material	Diaphragmenfilterkerze¹)	Gallenkampfilterkerze²)	Kawenit S³) (Sinterkorund) KER 710	Kawenit IN³) (Ignolan) KER 631
Porenradius (µm)	Integrale Porenvolumenverteilung	$\frac{V_p}{V_{pmax}} \cdot 100$ (%)		
0,03		≈99	≈100	≈99
0,1	≈99	≈70	≈ 93	≈98
0,3			≈ 66	
0,5	≈40	≈ 3	≈ 0	≈81
1	≈ 2			≈ 2
	Offene Porosität V_{pmax} (cm³/g)			
	≈0,30	≈0,14	≈0,03	≈0,10

¹) VEB Filterwerk Meißen
²) BRD-Import
³) VEB Porzellanwerk Auma

Bild 1 Integrale Porenvolumenverteilung verschiedener keramischer Materialien



Tafel 2 Häufigkeit der Diaphragmenfilterkerzen und Wasserdurchlässigkeit in den verschiedenen Bereichen der Leckrate ($p_1(0) \approx -5{,}4 \cdot 10^4$ Pa)

Qualitätsgruppe		1	2	3	4	5
Druckanstieg Δp	in Torr	< 14	$14 < \Delta p \leqq 27$	$27 < \Delta p \leqq 40$	$40 < \Delta p \leqq 66{,}7$	$66{,}7 < \Delta p \leqq 93{,}5$
($\Delta t = 10$ min, $V = 150$ l)	in 10^2Pa	$< 18{,}7$	$18{,}7 < \Delta p \leqq 36$	$36 < \Delta p \leqq 53{,}3$	$53{,}3 < \Delta p \leqq 89$	$89 < \Delta p \leqq 124{,}6$
Leckrate I_L	in Torr l/s	$< 3{,}5$	$3{,}5 < I_L \leqq 6{,}75$	$6{,}75 < I_L \leqq 10$	$10 < I_L \leqq 16{,}7$	$16{,}7 < I_L \leqq 23{,}4$
bzw.	10^3Pa l/s	$< 0{,}47$	$0{,}47 < I_L \leqq 0{,}9$	$0{,}9 < I_L \leqq 1{,}33$	$1{,}33 < I_L \leqq 2{,}22$	$2{,}22 < I_L \leqq 3{,}12$
Anzahl der Diaphragmenfilterkerzen	in %	≈ 1	≈ 56	≈ 33	≈ 5	≈ 5
Wasserdurchlässigkeit $\dot{V}_W$	in cm³/min	$< 1{,}6$	$1{,}6 < \dot{V}_W \leqq 2{,}9$	$2{,}9 < \dot{V}_W \leqq 4{,}3$	$4{,}3 < \dot{V}_W \leqq 7{,}0$	$7{,}0 < \dot{V}_W \leqq 9{,}8$

möglichen Porenradien verhältnismäßig groß und zu kleineren Werten verschoben. Beim Kawenit IN dagegen ist das Spektrum der möglichen Porenradien relativ schmal und liegt an der oberen Grenze des Bereichs der Porenradien von 10^{-1} µm bis 1 µm. Das Material der Diaphragmenfilterkerzen besitzt von den untersuchten Materialien die größte offene Porosität. In der Reihenfolge Kawenit S, Kawenit IN, Keramik Gallenkamp-, Keramik Diaphragmenfilterkerze wurde für die offene Porosität ein Verhältnis von 1:3:5:10 ermittelt. Auf Grund dieser verhältnismäßig hohen Werte in der offenen Porosität ist eine günstige Wasserdurchlässigkeit bei diesem Material zu erwarten. Vorausgesetzt, daß sich der durch die Luftdurchlässigkeit der Diaphragmenfilterkerzen bewirkte zeitliche Druckanstieg im entsprechenden Vakuumsystem nur gering auswirkt, stellt die Diaphragmenfilterkerze ein geeignetes Bauelement zum Aufbau von Unterdrucklysimetern dar. Die Untersuchungen ergaben, daß die offene Porosität und die Porenvolumenverteilung des keramischen Materials dieser Filterkerzen aus verschiedenen Produktionschargen verhältnismäßig wenig schwanken (Bild 1). In Näherung kann diesbezüglich nahezu gleiches Material angenommen werden. Bei den geprüften Filterkerzen traten dagegen große Schwankungen im Innendurchmesser und damit in der Wandstärke der Filterkerze auf. Diese Schwankungen sind verantwortlich für die großen Unterschiede in der *Luftdurchlässigkeit* der untersuchten Diaphragmenfilterkerzen. Ein Einfluß des Keramikmaterials ist im Vergleich dazu vernachlässigbar.

Sämtliche untersuchten Diaphragmenfilterkerzen wurden an Hand der bei ihnen gemessenen Leckrate in verschiedene Qualitätsgruppen eingeordnet (Tafel 2). Der Bereich der Leckrate, der von der Gesamtheit der untersuchten Filterkerzen überstrichen wird, erstreckt sich von Werten < 500 Pa · l/s bis > 3 000 Pa l/s. Dieses Intervall in der Leckrate entspricht einem Unterschied im Druckanstieg fast um das 7fache, wenn die Lufteinströmung in einen Vakuumbehälter von 150 l 10 min lang erfolgt (< 1 900 Pa bis etwa 12 500 Pa).

Der überwiegende Teil der etwa 1 600 untersuchten Filterkerzen liegt in den Qualitätsgruppen zwei und drei. Der durch diese Filterkerzen erzielte Druckanstieg liegt zwischen ~ 1 900 Pa und etwa 5 350 Pa. Diaphragmenfilterkerzen bis zur Qualitätsgruppe drei wurden für den Aufbau der Absaugvorrichtung benutzt.

Analog zu den starken Unterschieden in der Luftdurchlässigkeit wurde bei den Diaphragmenfilterkerzen wie erwartet auch ein sehr breiter Bereich in der *Wasserdurchlässigkeit* ermittelt (Bild 2, Tafel 2). So liegen die Werte in der Qualitätsgruppe eins bei Werten < 1,6 cm³/min, in der Qualitätsgruppe fünf dagegen bei ≦ 9,8 cm³/min. Bei den Filterkerzen, die bei der aufgebauten Absaugvorrichtung Verwendung finden, beträgt die Wasserdurchlässigkeit $\dot{V}_W \leqq$ 4,3 cm³/min. Das mit diesen Filterkerzen bei einem bestimmten Unterdruck absaugbare Wasservolumen steigt in allen Qualitätsgruppen in guter Näherung linear mit der Zeit. Der Anstieg dieser Kennlinie sinkt mit fallender Leckrate der Filterkerze (Bild 2). Durch diesen Anstieg wird deren unterschiedliche Wasserdurchlässigkeit repräsentiert. Über die ermittelte Regressionsbeziehung

$$\dot{V}_W = k_0 + k_1 I_L$$

wird der zwischen Wasserdurchlässigkeit und Leckrate bestehende lineare Zusammenhang quantitativ beschrieben (Bild 3).

Bild 2 Absaugbares Wasservolumen V_W bei Diaphragmenfilterkerzen unterschiedlicher Leckrate I_L

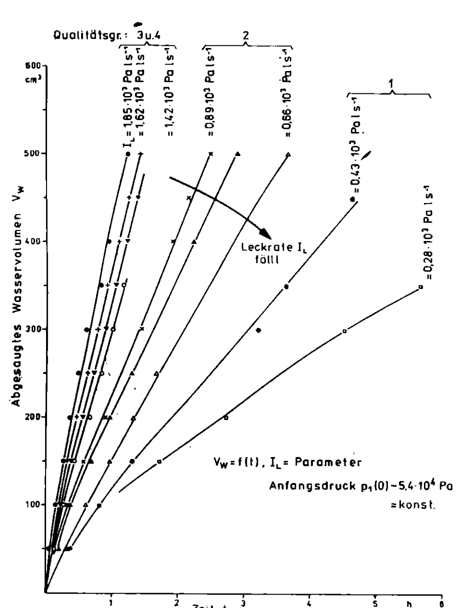
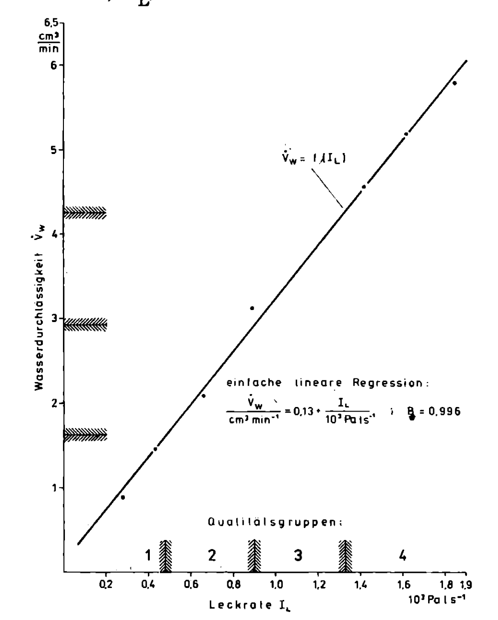


Bild 3 Wasserdurchlässigkeit $\dot{V}_W$ von Diaphragmenfilterkerzen in Abhängigkeit von ihrer Leckrate I_L (Korr. in Gl.: statt I_L lies 3,1 I_L)



Im Unterdrucklysimeter muß der Unterdruck in der untersten Schicht der Bodensäule an allen Stellen möglichst gleichmäßig wirken. Deshalb müssen die Diaphragmenfilterkerzen beim Aufbau der *Absaugvorrichtung* eines Unterdrucklysimeters über die gesamte Grundfläche des Lysimeterbehälters verteilt werden. Auf diese Weise wird eine quasiflächenhafte Absaugung erzielt. Die einzelnen Filterkerzen (20 Stück) werden über Vakuumschlauch mit einem Sammelrohr aus PVC verbunden. Durch diese elastische Verbindung der Filterkerzen mit dem Sammelrohr wird verhindert, daß die Absaugvorrichtung bei eventuellen Setzungsvorgängen des Bodens im Lysimeterbehälter zerstört wird. Dieser in den Lysimeterbehälter einlegbare Einsatz stellt die Absaugvorrichtung des Unterdrucklysimeters dar (Bilder 4 und 5). Sowohl an der Diaphragmenfilterkerze als auch am Sammelrohr wurden die Schlauchanschlüsse in Form industriell gefertigter Oliven aus Polyamid realisiert. Damit erfüllt die Konstruktion die Forderung nach absoluter Korrosionsbeständigkeit.

Eine erste Erprobung der Funktionstüchtigkeit solcher Absaugvorrichtungen wurde 1980 in der im Bereich Jena des FZB Müncheberg errichteten Lysimeteranlage vorgenommen. Alle 46 Lysimeterbehälter dieser Anlage wurden mit einer Absaugvorrichtung der beschriebenen Konstruktion ausgerüstet. So konnten bei all diesen Lysimetern auf rationelle Weise das Unterdruckprinzip realisiert und dessen Vorteile wirksam werden. Die Lysimeterbehälter waren den natürlichen Niederschlägen (300 mm im Zeitraum von Oktober 1980 bis März 1981) ausgesetzt. Die Anfang April 1981 durchgeführten Absaugungen ergaben bei einer Lysimeterfüllung mit Löß-Fahlerde der Standorteinheit Lö4 (Standort Baldenhain) für das pro Zeiteinheit absaugbare Wasservolumen Werte zwischen etwa 0,4 und 0,7 l/h (Bild 6).

Bild 4 Mobiler Einsatz für den Aufbau von Unterdrucklysimetern

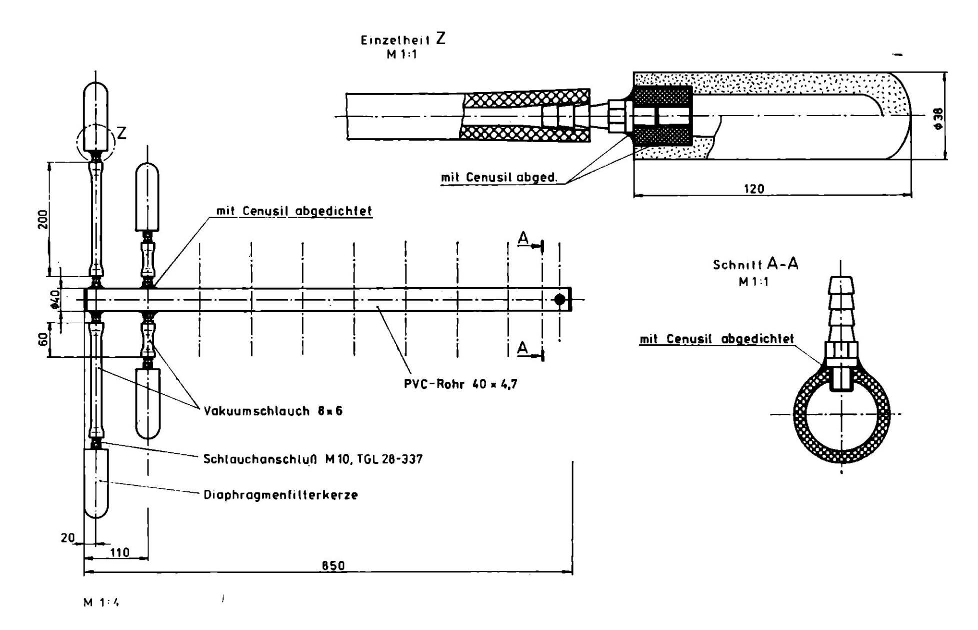
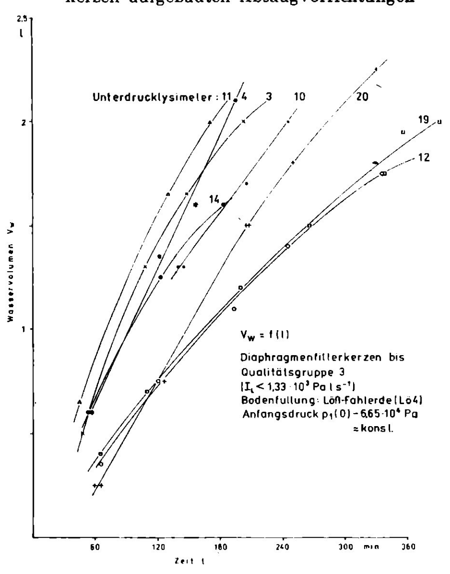


Bild 6 Zeitabhängigkeit des absaugbaren Wasservolumens V_W bei mit Diaphragmenfilterkerzen aufgebauten Absaugvorrichtungen



Zusammenfassung

Der Aufbau der Absaugvorrichtung erfolgt mit mobilen, in den Lysimeterbehälter einlegbaren Einsätzen, dessen wasserdurchlässiges Element durch keramische Filterkerzen gebildet wird. Diese Methode stellt eine im Vergleich zu anderen Verfahren außerordentlich rationelle Form der Realisierung des Unterdruckprinzips dar. Als keramische Filterkerzen sind Diaphragmenfilterkerzen geeignet. Allerdings muß bei ihnen stets ein Optimum bezüglich Luft- und Wasserdurchlässigkeit gegeben sein. Deshalb ist eine Auswahl der Filterkerzen im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit an Hand dieser experimentell zu bestimmenden Kenngrößen erforderlich.

Die Behälter der Lysimeteranlage im Bereich Jena wurden mit den beschriebenen Absaugvorrichtungen ausgerüstet und deren Funktionstüchtigkeit nachgewiesen.

Literatur

/1/ *Weise, K., Vetterlein, E.:* Über Erfahrungen beim Bau und Einsatz von Unterdrucklysimetern. Albrecht-Thaer-Archiv, Berlin **12** (1968) 12, S. 1073—1088

/2/ *Cole, D. W.:* Alundum Tension Lysimeter Soil Sci., Baltimore/Maryland **85** (1958), S. 293 bis 296

/3/ *Czeratzki, W.:* Untersuchungen der Wasserbewegung im Boden mit Hilfe von Unterdrucklysimetern. Z. Pflanzenernähr. u. Düng. Bodenkd., Weinheim **87** (1958), S. 223—229

/4/ *Czeratzki, W.:* Saugvorrichtung für kapillar gebundenes Bodenwasser. Landbauforschung Völkenrode, Braunschweig-Völkenrode **21** (1971), S. 13—14

/5/ *Czeratzki, W.:* Die Bewegung des Bodenwassers in Unterdrucklysimetern unter dem Einfluß von Verdunstung und Frostwirkung bei verschiedenem Bodenzustand. Landbauforschung Völkenrode, Braunschweig-Völkenrode **16** (1966) 2, S. 143—154

/6/ *Czeratzki, W., Kopp, E., Poletschny, H.* und *Bergmann, H. G.:* Messung von Evaporation und Evapotranspiration mittels keramischer Saugvorrichtung unter semiariden Bedingungen Tunesiens. Landbauforschung Völkenrode, Braunschweig-Völkenrode **25** (1975) 2, S. 75—82

/7/ *Wagner, G. H.:* Use of Porous Ceramic Cups to Sample Soil Water within the Profile. Soil. Sci., Baltimore/Maryland **94** (1962), S. 379 bis 386

/8/ *Hoyningen-Huene, J., Bramm, A.:* Die wägbare Unterdrucklysimeteranlage in Braunschweig-Völkenrode — Aufbau und erste Erfahrungen. Landbauforschung Völkenrode, Braunschweig-Völkenrode **28** (1978) 2, S. 95 bis 102

/9/ Normformate keramischer Filtersteine. Prospekt des VEB Filterwerk Meißen, 1978

/10/ Mercury Pressure Porosimeters Series 200. Prospekt der Firma Carlo Erba, Milano 1976

/11/ *Engelmann, P.:* Leckratenmessung und Lecksuche. In: *Edelmann, Ch.; Schneider, H. G.:* Vakuumphysik und -technik. Leipzig: Akad. Verlagsgesellschaft Geest und Portig 1978, S. 386 bis 390 u. S. 403 bis 406

/12/ TGL 26-1011 Vakuumtechnik-Begriffe. Fachbereichstandard, Juli 1967 (verbindlich ab 1. 1. 1969)

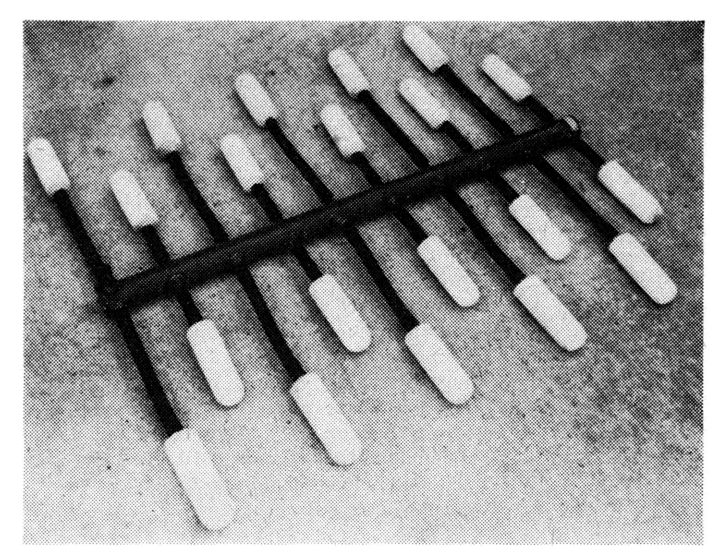


Bild 5
Absaugvorrichtung

An unsere Leser, Autoren und Beiratsmitglieder!

Die Mitarbeiter der Redaktion „Wasserwirtschaft — Wassertechnik" wünschen Ihnen allen ein gesundes und erfolgreiches Neues Jahr.

Wir verbinden diesen Wunsch mit der Hoffnung, daß Sie auch weiterhin zu den interessierten Lesern und aktiven Mitgestaltern unserer Zeitschrift gehören werden.

Besonderer Dank gilt unseren Beiratsmitgliedern für ihre wertvolle Mitarbeit.

Helga Hammer
Carolyn Sauer



Information

Erfahrungsaustausch zur automatisierten Wasserbewirtschaftung DDR–UdSSR

Anläßlich eines Arbeitsbesuches im vergangenen Jahr hatte eine Delegation des Ministeriums für Umweltschutz und Wasserwirtschaft Gelegenheit, in der Ukrainischen SSR am Beispiel des Flußgebietes Dnepr Probleme
- der ökonomischen Bewertung des Verhältnisses von Aufwand und Nutzen beim Aufbau von automatisierten Bewirtschaftungssystemen von Flußgebieten,
- zum Automatisierungsgrad unter Berücksichtigung der volkswirtschaftlichen Anforderungen an das System und
- zu den in der DDR und in der UdSSR vorhandenen Meßgeräten und Datenübertragungssystemen

zu beraten.

Im Flußgebiet Dnepr sind folgende Hauptaufgaben zu erfüllen:
- Energieerzeugung an den sechs Talsperren mit einer Gesamtleistung von 3 800 MW
- Bereitstellung von Bewässerungswasser für 1,4 Mill. Hektar Bewässerungsfläche
- Gewährleistung des Hochwasserschutzes durch Reduzierung der Hochwasserspitzen von 20 000 m^3/s auf 8 000 m^3/s.

Die Bewirtschaftung des Gesamtsystems des Dnepr erfolgt durch eine Leitstelle mit Steuerzentrale. Um die Entscheidungsfindung zu gewährleisten, werden der Steuerzentrale meteorologische, hydrologische und Bewirtschaftungsdaten übermittelt. Der Automatisierungsgrad wird in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Meldungen und von der Zugriffsmöglichkeit zu den Daten nur in dem unbedingt notwendigen Umfang festgelegt. So werden entsprechend dem Charakter des Systems z. B. nur Monats- bzw. Dekadenwerke der Talsperrenfüllungsstände für die Fischwirtschaft und Energieerzeugung verwendet.

Die volkswirtschaftliche Effektivität des automatisierten Bewirtschaftungssystems wird an der Erhöhung der Verfügbarkeit des Dargebots, der Einsparung an Arbeitskräften und Energieaufwand und an der größeren Sicherheit der Informationsübertragung nachgewiesen. Durch das vorgesehene System wird das verfügbare Dargebot um 1 Mrd. m^3/a erhöht, wobei allein durch optimalen Einsatz des Bewässerungswassers 50 % dieses Effekts und eine entsprechende Energieeinsparung erreicht werden.

Durch die weitere Automatisierung der Bewässerungspumpstationen sowie durch Fernübertragung der Zustandsanzeigen ist es möglich, die bisher je Pumpstation tätigen vier Arbeitskräfte in Zukunft zur Bedienung und Kontrolle von zehn Pumpstationen einzusetzen.

Die ökonomischen Berechnungen des Nutzeffektes des ASU Dnepr weisen gegenüber den jährlichen Betriebskosten einen 2,3fach höheren volkswirtschaftlichen Nutzen aus.

Zur Bewirtschaftung des Wasserdargebots des Dnepr wurden gebietsspezifische Bilanzmodelle und mathematisch-ökonomische Modelle entwickelt. Durch die Anwendung von Optimierungsmodellen werden in kritischen Wasserdargebotssituationen Varianten, die ökonomische Auswirkungen der Steuerentscheidungen berücksichtigen, zur Verfügung gestellt.

Hochwasservorhersagemodelle sind im ASU Dnepr nicht berücksichtigt worden, da das Gesamtsystem im Hochwasserfall sehr langsam reagiert.

Das *Bilanzmodell* und das *mathematisch-ökonomische* Modell bilden die Grundlage für das Modell zur optimalen Verteilung der Oberflächenwasserressourcen. Bei der Verteilung der Wasserressourcen im Einzugsgebiet wird von drei Grundfällen ausgegangen:

1. In Jahren mit günstigen hydrologischen Ausgangsbedingungen, wenn keine Einschränkungen des Wasserdargebots zu erwarten sind, werden alle Nutzergruppen nach den jeweiligen Bedarfsanforderungen befriedigt.
2. In Jahren mit Trockenperioden erfolgt eine Begrenzung der Wassernutzungen auf der Grundlage von Wasserverbrauchsnormativen, die als Erfahrungswerte aus langjährigen Untersuchungen abzuleiten sind.
3. In extremen Trockenjahren werden mit Hilfe des Optimierungsmodells Steuervarianten vorausberechnet, von denen für die aktuell operative Steuerung die Variante ausgewählt wird, die der gegebenen Dargebots- und Bedarfssituation am nächsten kommt und die die geringsten negativen volkswirtschaftlichen Auswirkungen hervorruft.

Über die auszuwählende Steuerungsvariante und entsprechende Rangigkeit der einzelnen Nutzungen wird auf der Grundlage der jeweils aktuellen ökonomischen Gegebenheiten bzw. Erfordernisse entschieden. Dies führt zur optimalen Bewirtschaftungsstrategie für das folgende Jahr.

Die Datenerfassung und -übertragung erfolgt beim ASU Dnepr entsprechend den Erfordernissen unter Beachtung der Systemträgheit mit minimalem Aufwand. So werden Wassermengendaten — von Speichern bzw. Wasserverteilungsbauwerken — mehrmals täglich abgefragt. Die Daten der wesentlichen Nutzer — Entnahmen, Einleitungen — werden in Dekaden oder Monatsintervallen übergeben, ökonomische Daten nur jahresweise. In der Sowjetunion stehen für die Erfassung des Wasserstandes, der Pumpenleistung, des Durchflusses in geschlossenen Systemen, der Schützenstellung von Wehren und der Schieberstellung von Regelorganen eine Reihe von industriell hergestellten Meßgebern zur Verfügung. So ist die Produktionsvereinigung „Telemechanik", Tbilissi, ein wichtiger Hersteller derartiger Meßanlagen. Andererseits besteht bei den sowjetischen Partnern Interesse am Meßwertübertragungssystem AQUATRANS der DDR.

Aus den bisherigen Erfahrungen des ASU Dnepr ist festzustellen, daß nur relevante Meßdaten von großen Wasserverteilungsanlagen bzw. Speichern direkt erfaßt werden und eine vollständige Automatisierung der Anlagensteuerung nicht benötigt wird. Abhängig von den Anforderungen ist der Automatisierungsgrad des Informations- und des Steuerungssystems flußgebietsspezifisch wie folgt zu differenzieren:
- schnelle Reaktion mit hoher Automatisierung bei rasch ablaufenden Hochwasserereignissen oder besonderen Havariegefährdungen
- geringere Automatisierung bei vorwiegenden Bewirtschaftungserfordernissen, wie z. B. für Landwirtschaft und Fischwirtschaft.

Bei der Gegenüberstellung von Nutzen und Aufwand wird auch in der Sowjetunion neben der Erhöhung der Verfügbarkeit und Verbesserung des Informationsbedürfnisses der Einsparung von Arbeitskräften große Bedeutung beigemessen. So wird seitens der Betreiber des ASU Dnepr eingeschätzt, daß für das Meß- und Kontrollsystem eine relative Einsparung von 75 Prozent der Arbeitskräfte für die Meßwerterfassungskontrolle an einzelnen Stationen, besonders an großen Pumpstationen, erreicht werden kann.

Bei der weiteren wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit u. a. zwischen dem Institut für Wasserwirtschaft und dem Allunions-Forschungsinstitut sowie den zukünftigen Anwendern des ASU Dnepr und des ASU Spree kommt es darauf an, die Effektivität der wissenschaftlich-technischen Arbeit und der Bewirtschaftung der Flußgebiete wesentlich zu erhöhen.

Für die Arbeit in den Wasserwirtschaftsdirektionen können im Ergebnis der Studienreise folgende Empfehlungen gegeben werden: Beim Ausbau des Pegelnetzes zur Verbesserung der Hochwasservorhersage sind die jeweils spezifischen Anforderungen der Übertragungshäufigkeit von Meßwerten dem Grad der Automatisierung zugrunde zu legen. Das gilt vor allem für Pegel in exponierten Hochwasserentstehungsgebieten. Grundlage für eine qualitativ bessere Hochwasserinformation ist die zentrale und ständig zugriffsbereite Datenerfassung und Übermittlung von ausgewählten Hochwasserständen zu stets besetzten Datenerfassungszentren.

Beim Aufbau des Einheitlichen Kontrollsystems der Wasserwirtschaft sind notwendiger Bau- und Ausrüstungsaufwand, Automatisierungsgrad und Einsparung von Arbeitskräften einem strengen Maßstab zu unterziehen.

In ausgewählten Flußgebieten mit besonders intensiv genutzten und demzufolge auch stärker belasteten Gewässerabschnitten, z. B. in der Saale und Spree, sind die Vorteile der automatisierten Beschaffenheitskontrolle sowohl an Gewässer- als auch an Abwassereinleitungen wichtiger Kombinate und Betriebe durch Errichtung von Pegeln (AMB) konsequent zu nutzen. Damit kann sowohl die Bewirtschaftung nach Menge und Beschaffenheit verbessert als auch bei auftretenden Havarien am Gewässer schneller reagiert werden. Die Wasserbewirtschaftung in Flußeinzugsgebieten ist also im richtigen Verhältnis von Automatisierung und Intensivierung vorhandener wasserwirtschaftlicher Grundfonds weiter zu entwickeln. *Clausnitzer*

Ergebnisse von Schwebstoffmessungen in der Wasserwirtschaftsdirektion Obere Elbe—Neiße

Fügner, D. — In: Wasserwirtsch.—Wassertechnik. —
Berlin 33 (1983) 1, S. 12—15

Es werden die Erfahrungen beim Aufbau eines Schwebstoffmeßnetzes in der Wasserwirtschaftsdirektion Obere Elbe—Neiße mitgeteilt. Drei Stationen werden seit 1968, weitere elf Stationen seit 1977 beobachtet. Die Ergebnisse liegen vor und lassen erste Interpretationen zu. Aus den Unzulänglichkeiten und Grenzen werden Schlußfolgerungen abgeleitet und die weiteren Schwerpunktaufgaben festgelegt.

Nutzung von Uferfiltrat und künstlichem Infiltrat als Wärmequellen für elektrisch angetriebene Kompressionswärmepumpen

Luckner, L.; Victor, N. — In: Wasserwirtsch.—Wassertechnik. —
Berlin 33 (1983) 1, S. 16—21

Im Beitrag wird die besondere Bedeutung des Uferfiltrats und des künstlichen Infiltrats begründet. Es wird gezeigt, welchen Einfluß die Temperatur des geförderten Infiltrats auf die Effektivität einer elektrisch angetriebenen Kompressionswärmepumpenanlage hat. Hieraus werden die Zielvorstellungen für optimal gestaltete und betriebene Infiltrations- und Gewinnungsanlagen bei möglichst geringen Wärmespeicherverlusten im Grundwasser abgeleitet und günstige konstruktive Varianten und Betriebsverfahren aufgezeigt. Abschließend werden Grundlagen für die Bemessung und Steuerung der Infiltrations- und Fassungsanlagen erläutert und zwei kürzlich untersuchte Beispiele vorgestellt.

Das Rückstauverhalten von Entwässerungsnetzen

Bosold, H.; Richter, A. — In: Wasserwirtsch.—Wassertechnik. —
Berlin 33 (1983) 1, S. 25—27

Es wird das Rückstauverhalten von Entwässerungsnetzen dargestellt, die nach dem Zeitbeiwertverfahren und nach dem Grenzabflußverfahren bemessen werden. Die Hauptsammler der nach dem Zeitbeiwertverfahren dimensionierten Entwässerungsnetze sind besonders überstauungsgefährdet. Das Grenzabflußverfahren berücksichtigt die gegenseitige hydraulische Beeinflussung der rückgestauten Leitungen und ermöglicht die Dimensionierung für vorgeschriebene Sicherheiten an unterschiedlichen Netzpunkten.

Einfluß der Sickerwassermenge auf die Höhe des N-Austrages aus einer Sand-Rosterde

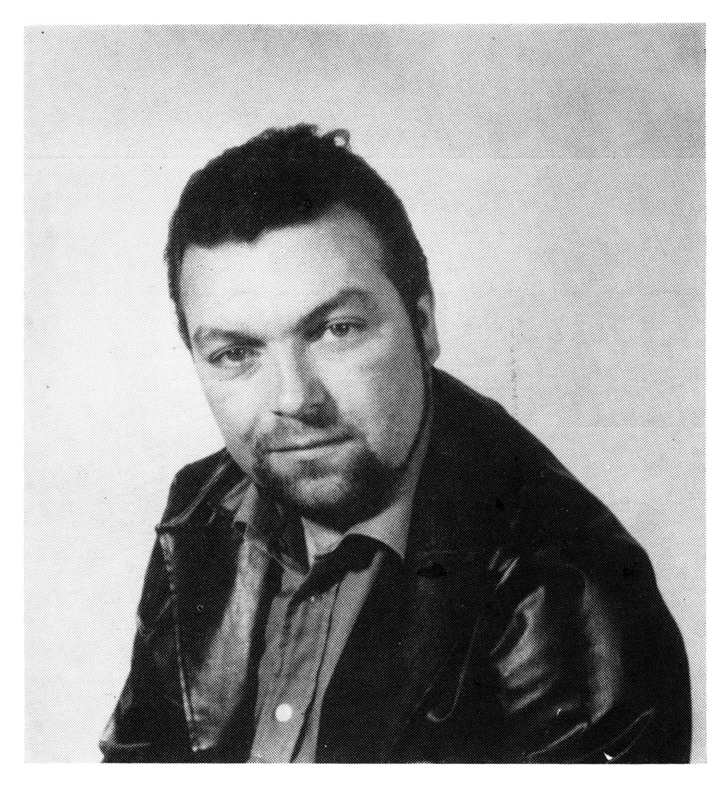
Katzur, J.; Mrosko, A. — In: Wasserwirtsch.—Wassertechnik. —
Berlin 33 (1983) 1, S. 28—31

Der Einfluß von Sickerwassermenge und N-Konzentration im Sickerwasser auf die monatlichen N-Auswaschungsverluste aus einer landwirtschaftlich genutzten Sand-Rosterde wird am Beispiel der Meßergebnisse des Lysimterversuchs „Grünewalde“ untersucht. Die dazu durchgeführten Regressionsanalysen beweisen einerseits die hervorragende Bedeutung der Sickerwassermenge und der N-Konzentration im Sickerwasser für die Höhe der N-Auswaschungsrate und andererseits, daß diese Einflußfaktoren in den Sommer- und Winterhalbjahren sowie in Abhängigkeit von der Versickerungsstrecke differenziert zu wichten sind.

Erfahrungen beim Aufbau von Unterdrucklysimetern mit Diaphragmenfilterkerzen

Kleinstäuber, G. — In: Wasserwirtsch.—Wassertechnik. —
Berlin 33 (1983) 1, S. 31—34

Der Aufbau der Absaugvorrichtung erfolgt mit mobilen, in den Lysimeterbehältern einlegbaren Einsätzen, dessen wasserdurchlässiges Element durch keramische Filterkerzen gebildet wird. Diese Methode stellt eine im Vergleich zu anderen Verfahren außerordentlich rationelle Form der Realisierung des Unterdruckprinzips dar. Als keramische Filterkerzen sind Diaphragmenfilterkerzen des VEB Filterwerk Meißen grundsätzlich geeignet. Allerdings muß bei ihnen stets ein Optimum bezüglich Luft- und Wasserdurchlässigkeit gegeben sein. Deshalb ist eine Auswahl der Filterkerzen im Hinblick auf ihre Verwendbarkeit an Hand dieser experimentell zu bestimmenden Kenngrößen erforderlich. Die Behälter der Lysimeteranlage im Bereich Jena wurden mit den beschriebenen Absaugvorrichtungen ausgerüstet und deren Funktionstüchtigkeit nachgewiesen.



Wilfried Genzel

VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Halle (Saale)

Nach Beendigung der Lehre als Elektromonteur und des Ehrendienstes in der NVA kam der Kollege Wilfried Genzel im Frühjahr 1964 als Elektriker zum Versorgungsbereich Merseburg des VEB Wasserversorgung und Abwasserbehandlung Halle.

Auf Grund seiner guten fachlichen Kenntnisse und seiner hohen Einsatzbereitschaft wurde er dort bald Brigadier der heute fünfköpfigen Elektrogruppe dieses Versorgungsbereiches.

Das territoriale Arbeitsgebiet umfaßt die Kreise Merseburg und Weißenfels. Das bedeutet für den Kollegen Genzel und seine Brigade, vornehmlich operativ tätig zu sein und für Pflege, Wartung und Reparatur aller elektrischen Anlagen und Einrichtungen im Versorgungsbereich zu sorgen. Wie engagiert er seine tägliche Arbeit ausführt, unterstreichen seine vielfältigen Aktivitäten auf dem Gebiet des Neuererwesens. In den 18 Jahren seiner bisherigen Betriebszugehörigkeit reichte er 40 Neuerervorschläge ein und war an den schöpferischen Lösungen von rund 30 Neuerervereinbarungen beteiligt. Hoch ist der gesellschaftliche Nutzen, den er durch seinen persönlichen Einsatz erarbeitet hat und der den ansehnlichen Betrag von rund 200 000 Mark ausmachte. Selbstzufriedenheit ist ihm fremd, ständig erweitert er seine fachlichen Kenntnisse, versucht eigene Vorstellungen schöpferisch in die Praxis umzusetzen.

Der überwiegende Teil seiner Neuerungen dient der Sicherung der Funktionsfähigkeit von Wasserwerken und Abwasserbehandlungsanlagen, sie haben die Energie- und Investmitteleinsparung sowie die Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen zum Ziel. Genannt seien hier vor allem folgende Neuerervorschläge:

- Energieeinsparung im Stützpunkt Stadtmitte Merseburg. Der hier erzielte Nutzen betrug 5 448 Mark.
- Schaltung Pumpwerk Wasserfassung Gostau. Die höhere Grundmittelauslastung durch vorzeitige Inbetriebnahme des Pumpwerkes erbrachte einen Nutzen von 37 625 Mark.
- Nutzung des Zwischengeschosses Trafo-Station WW Weißenfels als Garage und Werkstatt für die Elektrobrigade.
  Dadurch ergab sich ein Nutzen von etwa 11 000 Mark.

Kollege Genzel ist Mitglied der Neuererbrigade. In dieser Funktion hat er maßgeblichen Anteil an der insgesamt sehr guten, kontinuierlichen Neuerertätigkeit des Versorgungsbereiches Merseburg.

Sein Hauptaugenmerk richtet er vor allem auf die Durchsetzung bzw. die Realisierung aller vorgeschlagenen Neuerungen aus dem eigenen Bereich. Seit sechs Jahren ist Kollege Genzel ehrenamtlicher BGL-Vorsitzender des VB Merseburg. Zuvor war er aber schon acht Jahre aktives BGL-Mitglied. Dabei kommt ihm sein vorwiegend operativer Dienst sehr zugute, dies zeigt sich in guten Kontakten zu allen Gewerkschaftsgruppen. Ein Schwerpunkt in seiner BGL-Tätigkeit ist – wie sollte es auch anders sein – die Wahrung der Rechte und Pflichten der Gewerkschaft im Neuererwesen. Wilfried Genzel, der stets engagierte und einsatzbereite, in vielen gesellschaftlichen Funktionen bewährte und versierte Fachmann, wurde nach dem X. Parteitag Mitglied der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands.

Seine fachlichen und gesellschaftlichen Leistungen, die bisher dreimal mit der Auszeichnung „Aktivist der sozialistischen Arbeit“ anerkannt wurden, fanden 1981 mit der Verleihung der „Medaille für hervorragende Leistungen in der Wasserwirtschaft der DDR“ die bisher größte Würdigung.

Das Kollektiv der Elektrogruppe, mit dem Kollegen Genzel als Kollektivleiter, verteidigte in den letzten fünf Jahren erfolgreich den Titel „Kollektiv der sozialistischen Arbeit“.

Htt.

Index 33 803

Ingenieurgeologie

K. Johannes Klengel / Otfried Wagenbreth

für Bauingenieure

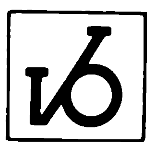
Erstauflage 1981, 208 Seiten, 70 Bilder, 20 Fotos, 30 Tafeln, Pappband, 16,– M, Ausland 29,– M
Bestellnummer: 561 922 9

Mit der Herausgabe der drei Lehrbücher: Klengel /Wagenbreth, „Ingenieurgeologie für Bauingenieure", Bobe/Hubaček, „Bodenmechanik" und Kinze/Franke, „Grundbau", wird Grundwissen verschiedener Teilgebiete des Tiefbaus dem neuesten technischen Stand entsprechend und in Übereinstimmung mit den bestätigten Lehrprogrammen in hoher Qualität vermittelt.
Im vorliegenden Titel sind neben der Darstellung geologischer Grundlagen die Ingenieurgeologie des Baugrundes, die spezifischen Anwendungsgebiete verschiedener Zweige des Bauwesens sowie die regionale Ingenieurgeologie aufgeführt.

Kinze / Franke
Grundbau
2., unveränderte Auflage 1982, 248 Seiten, 205 Bilder, 26 Tafeln, Pappband, 22,– M, Ausland 42,– M
Bestellnummer: 561 924 5

Bobe / Hubaček
Bodenmechanik
1. Auflage 1983, etwa 288 Seiten, 195 Bilder, 8 Fotos, 71 Tafeln, Pappband, etwa 23,– M, Ausland etwa 35,– M
Bestellnummer: 561 923 7

Richten Sie bitte Ihre Bestellungen an den örtlichen Buchhandel



VEB Verlag für Bauwesen, DDR – 1086 Berlin, Französische Str. 13/14